

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ
«РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Гусев С.В.

Муром 2017 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

1.1 Цель работы

Изучение погрешностей возникающих в процессах изготовления деталей. Освоение методики оценки точности технологических операций с помощью математической статистики. Выявление мероприятий, направленных на повышение точности технологических операций.

1.2 Общие положения

В технологии машиностроения принято различать следующие виды погрешностей обработки, различающихся по характеру их воздействия на технологическую систему:

а) систематические постоянные погрешности вызываемые, например, неточностью настройки режущего инструмента;

б) систематические погрешности, закономерно изменяющиеся по течению технологического процесса, вызываемые, например, размерным износом режущего инструмента;

в) случайные погрешности, которые, появившись при обработке одной заготовки, необязательно появляются при обработке других заготовок, а их значения для различных заготовок изменяются в определённых пределах от максимального до минимального. Предсказать момент появления и величину этих погрешностей возможно только с определенной вероятностью.

Систематические погрешности обработки изучаются с помощью теоретических или экспериментальных исследований закономерностей, которым они подчиняются. Случайные погрешности изучаются с применением теории вероятностей и математической статистики.

Точность и стабильность технологических процессов оценивается на стадии технологической подготовки и в установившемся производстве. Оценка производится для выявления факторов, оказывающих решающее влияние на величину погрешностей обработки, для определения фактических точностных характеристик технологических операций. Результаты

оценки используются при разработке мероприятий обеспечивающих точность изготовления продукции.

Оценка точности должна производиться по параметрам детали, оказывающим решающее влияние на функциональные показатели изделия. Обычно оценка состоит из следующих этапов: измерение контролируемых параметров деталей; заполнение протоколов измерений; статистическая обработка результатов измерений; анализ результатов статистической обработки.

Для исследований точности механической обработки используются следующие основные методы: расчетно-аналитический; вероятностно - статистический и расчетно-статистический.

Расчетно-аналитическая модель предполагает полную детерминированность процесса, для которого точно известны как начальные условия, так и влияние сопутствующих факторов. Путем решения систем уравнений, описывающих закономерности образования погрешностей технологического процесса, однозначно определяется искомая точность. Однако реальные процессы не всегда правильно отображаются детерминированными моделями и правомерность их применения в таких случаях, зависит от детальности изучения исследуемого процесса. Математическое описание процессов в этом случае заключается в последовательном определении начальных (исходных) погрешностей заготовки; далее устанавливается в аналитическом виде их влияние на окончательную точность.

Вероятностно-статистическая модель применяется при изготовлении достаточно больших партий деталей. Она позволяет без раскрытия физической сущности явлений решать ряд задач по оценке и исследованию точности.

Расчетно-статистические модели сочетают положительные стороны обоих, вышерассмотренных методов. Они пригодны для различных условий производства и являются весьма гибкими, так как позволяют рассчитывать первичные и суммарные погрешности, оценивая их отдельные составляющие статистическим или расчетным путем. При недостатке данных модель носит в большей мере вероятностно-статистический характер. В то же время, применяя детерминированный подход, можно определить поле рассеивания случайных погрешностей и отдельные погрешности расчетно-аналитическим методом.

К статистическим методам относятся исследования с использованием кривых распределения погрешностей и графоаналитический метод (точечных диаграмм).

Центральная теорема теории вероятностей Ляпунова дает обоснование тому факту, что при устойчивом процессе обработки деталей на настроенных станках и при отсутствии изменяющихся во времени систематических погрешностей действительные размеры деталей подчиняются закону нормального распределения, так как результирующая погрешность обработки представляет собой сумму большого числа независимых погрешностей.

Этот метод оценки точности применяется в условиях производства большого количества деталей. Для его применения необходимо произвести выборку деталей на исследуемой операции. Количество деталей в выборке n влияет на точность оценки и определяется по специальной методике. По результатам измерения деталей выборки строится опытная кривая распределения, к которой по критерию согласия подбирается теоретический закон распределения.

Опытные кривые распределения строят следующим образом. Определяется диапазон изменения контролируемого параметра – поле рассеяния.

$$\omega = x_{\max} - x_{\min}, \quad (1.1)$$

где x_{\max} - максимальное значение контролируемого параметра;

x_{\min} - минимальное значение контролируемого параметра.

На оси абсцисс откладывают величину поля рассеяния и разбивают его на несколько интервалов. Число интервалов $k = 8-10$. На оси ординат откладывают количество деталей, попавших в эти интервалы, или частоты, m_i . Соединяя образовавшиеся точки, получают ломаную линию, которая называется опытной кривой распределения или полигоном распределения деталей по размерам, рис. 1.1.

Плотность вероятности или дифференциальная функция распределения непрерывной случайной величины, подчиняющейся закону нормального распределения, имеет следующий вид:

$$y(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.2)$$

где x - переменная случайная величина;

σ - стандартное отклонение случайной величины;

\bar{x} - среднее значение (центр группирования) величины x ;

e - основание натуральных логарифмов.

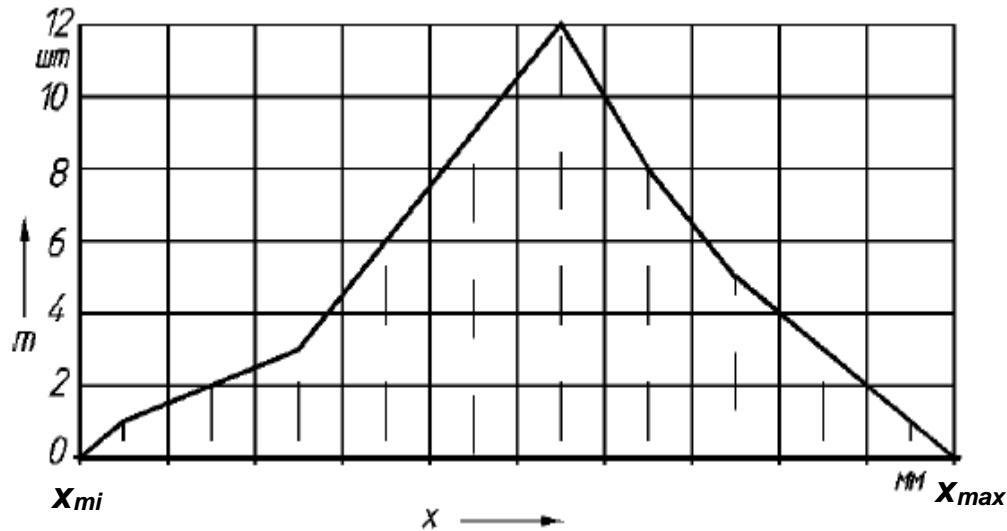


Рис. 1.1. Опытная кривая распределения или полигон распределения

Дифференциальная функция нормального распределения графически выражается в виде симметричной кривой – кривой Гаусса (рис. 1.2).

Стандартное отклонение случайной величины σ является мерой рассеяния случайной величины и определяется

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 m_i}{n}}, \quad (1.3)$$

где x_i – координата соответствующей середины интервала;

Симметричность кривой относительно ординаты точки \bar{x} свидетельствует о том, что равновероятны одинаковые положительные и отрицательные отклонения от центра группирования. С изменением σ изменяется форма кривой. При его уменьшении кривая становится более вытянутой и узкой, с увеличением σ максимальная ордината кривой уменьшается, а ширина увеличивается. Изменение центра группирования приводит к смещению кривой (рис. 1.3).

$$\bar{x}_1 < \bar{x}_2 \quad \sigma_1 < \sigma_2$$

Интегральный закон нормального распределения выражается в общем виде так

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} y(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (1.4)$$

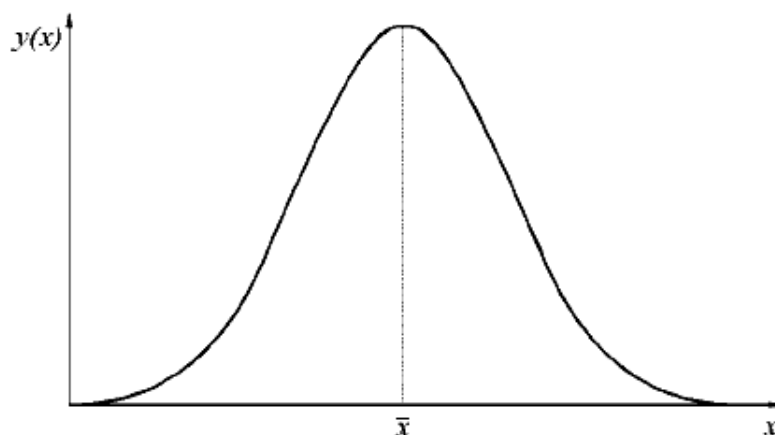


Рис. 1.2. Дифференциальная функция нормального распределения

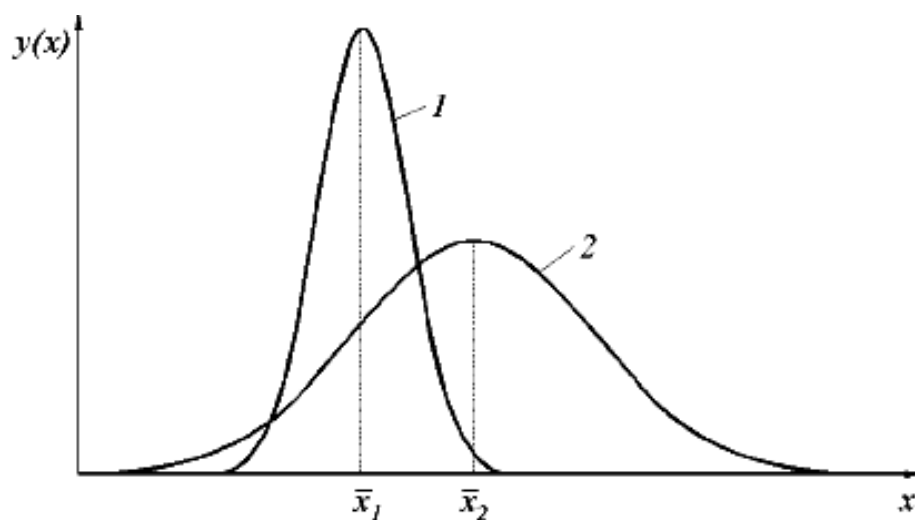


Рис. 1.3. Влияние параметров кривой Гаусса на ее форму и положение

Величина $F(x)$ определяет вероятность попадания случайной величины в интервал $x_1 > x < x_2$. Если случайная величина x следует нормальному закону, то достоверно, что она может принимать любые численные значения в пределах $\pm \infty$, то есть вероятность попадания случайной величины в интервал $-\infty > x < +\infty$ равна единице.

$$P(-\infty < x < +\infty) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx = 1.$$

Для облегчения вычислений формулу интегрального закона нормального распределения с помощью нормирующего множителя $t = x/\sigma$ можно привести к виду

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t). \quad (1.5)$$

Интеграл $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t)$ называют нормированной функцией

Лапласа и его значения для различных t приводят в таблицах значений функции Лапласа. При использовании этих таблиц решение задачи по определению вероятности того, что случайная величина x находится в пределах x_1 - x_2 , сводится к нахождению разности между двумя значениями функции Лапласа:

$$P(x_1 < x < x_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1). \quad (1.6)$$

Для практических применений зона рассеяния случайной величины x , подчиняющейся закону нормального распределения, ограничивают пределами $\pm 3\sigma$ и составляет 6σ . При этом $t_1 = -3$ и $t_2 = 3$.

Следовательно, $P[-3\sigma < x < +3\sigma] = \Phi(3) - \Phi(-3) = 2\Phi(3)$. По таблицам функции Лапласа, $2\Phi(3) = 0,9973$. Это означает, что вероятность нахождения случайной величины вне указанного интервала $q = 1 - 0,9973 = 0,0027$, то есть очень мала.

Распределение случайной величины по нормальному закону является следствием действия многих факторов, носящих случайный характер, имеющих примерно одинаковую степень активности и независящих или слабо зависящих один от другого. Такой комплекс условий не всегда оказывается полным. Его нарушение приводит к отклонению закона распределения от нормального.

Одной из форм таких отклонений может быть несимметричность кривой рассеяния (рис. 1.4), характеризуемая коэффициентом асимметрии α , учитывающим смещение центра группирования относительно середины поля рассеяния \bar{x} :

$$\alpha = \frac{(\bar{x}) - \Delta\omega_x}{0,5\omega_x}. \quad (1.7)$$

Практическое значение в технологии машиностроения имеют также закон равной вероятности и закон Симпсона.

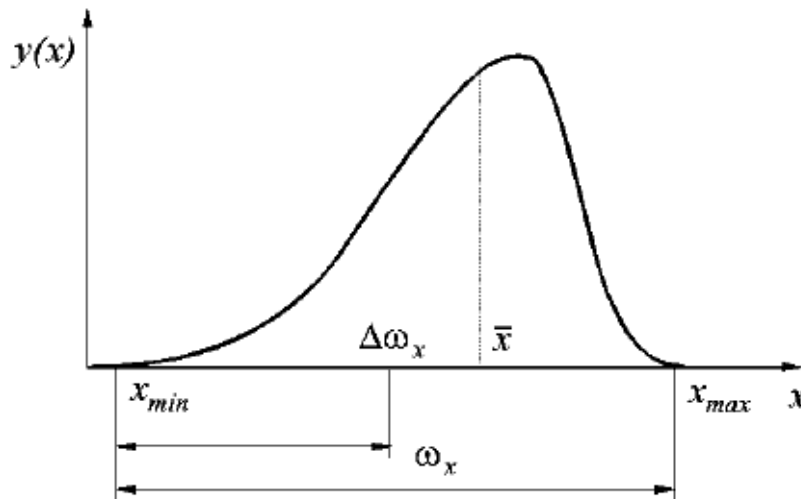


Рис. 1.4. Несимметричное распределение случайной величины

Распределение по закону равной вероятности встречается, когда наряду со случайными факторами, вызывающими рассеяние, действует доминирующий систематический фактор, непрерывно и равномерно изменяющий во времени положение центра группирования \bar{x} . Графически такое распределение случайной величины отображается прямоугольником (рис. 1.5).

Дифференциальный закон распределения или плотность вероятности

$$y(x) = \begin{cases} (b-a)^{-1} & \text{при } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{при } x > b; x < a \end{cases} \quad (1.8)$$

Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклонение соответственно равны

$$\bar{x} = \frac{(b+a)}{2}; \quad D = \frac{(b-a)^2}{12}; \quad \sigma = \frac{(b-a)}{2\sqrt{3}}. \quad (1.9)$$

К распределению по закону Симпсона приводит сложение двух случайных величин, подчиненных закону равной вероятности при одинаковых параметрах рассеяния. Кривая рассеяния имеет вид равностороннего треугольника (рис. 1.6), из-за чего закон Симпсона часто называют законом треугольника.

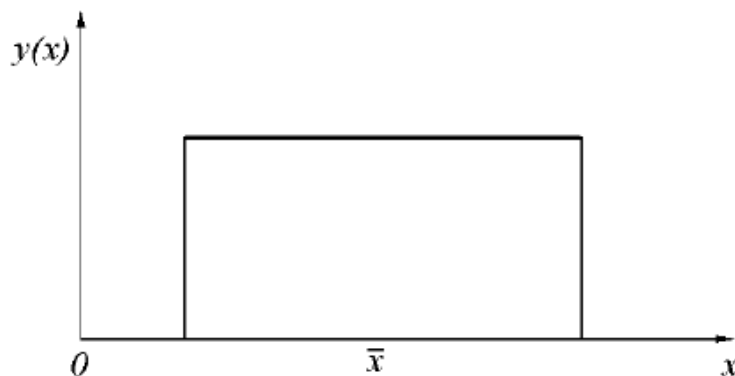


Рис. 1.5. Распределение случайной величины по закону равной вероятности

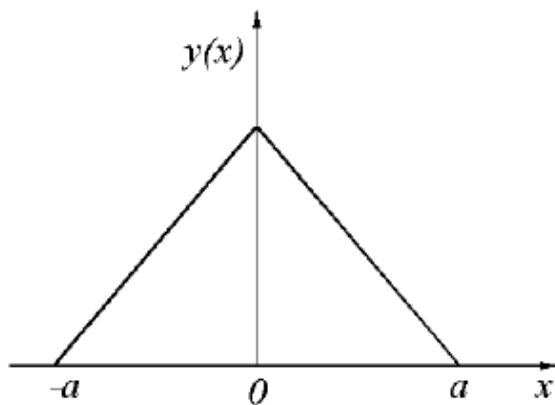


Рис. 1.6. Распределение случайной величины по закону Симпсона

При выборе в качестве начала отсчета случайной величины ее центр группирования характеристики распределения имеют следующий вид:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{a} \left(1 - \frac{|x|}{a} \right) & \text{при } -a \leq x \leq a \\ 0 & \text{при } x < -a; x > a \end{cases} \quad (1.10)$$

$$\bar{x} = 0; \quad D = a^2; \quad \sigma = \frac{a}{\sqrt{6}}. \quad (1.11)$$

Наличие характеристик распределения позволяет произвести оценку точности технологической операции. Расположение кривой распределения внутри поля допуска на изготовление детали свидетельствует о приемлемой точности (рис. 1.7).

Необходимое условие обеспечения требуемой точности

$$6\sigma \leq T. \quad (1.12)$$

Данное условие не является достаточным, поскольку центр группирования может быть смещен под действием постоянных систематических факторов (рис. 1.8). При этом, несмотря на то, что ширина кривой меньше допуска, вероятно получение деталей за пределами допуска.

Достаточное условие обеспечения требуемой точности технологической операции определяется соотношением фактического смещения s и максимально возможным смещением центра группирования относительно середины поля допуска s_{max} , при которой кривая распределения не выходит за пределы допуска. Граничное положение кривой показано на рис. 1.8 штриховой линией.

$$s = \sum C - \bar{x} \leq s_{max} = \frac{6\sigma - T}{2}. \quad (1.13)$$

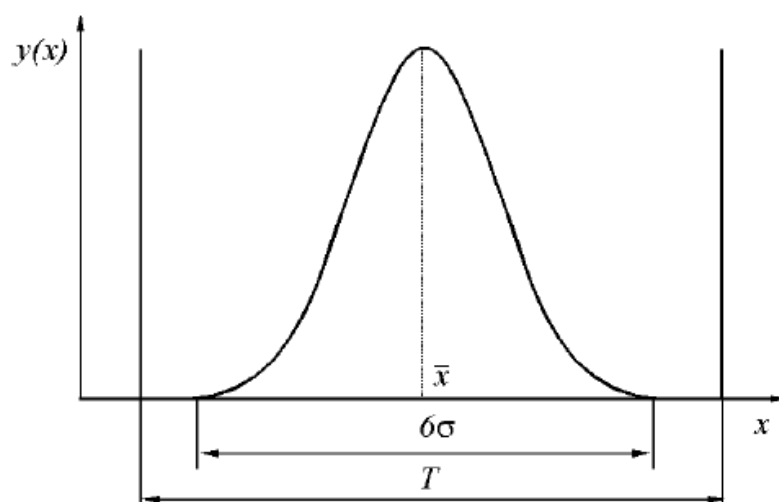


Рис. 1.7. Взаимное расположение кривой распределения и поля допуска при достаточной точности технологической операции

Таким образом, для обеспечения точности технологической операции необходимо и достаточно чтобы выполнялись два условия (1.12) и (1.13).

Выполнение условия (1.12) свидетельствует о приемлемом уровне действия случайных факторов, а выполнение условия (1.13) – о допустимом уровне действия постоянных систематических факторов.

Использование кривых распределения позволяет оценить точность технологической операции не только на качественном уровне, но и дает возможность количественной оценки. Площадь дифференциальной кривой нормального распределения, не вошедшая в поле допуска, равна вероятности получения размера в диапазоне $x_{min} - [x_{max}]$, то есть определяет возможный процент брака (рис. 1.9).

Вероятность получения брака на основании формулы 1.6

$$P(x_{min} < x < [x_{min}]) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1),$$

где $t_1 = \frac{\bar{x} - [x_{min}]}{\sigma}$ - определяет площадь под левой частью кривой, вошедшей в поле допуска;

$t_2 = \frac{\bar{x} - x_{min}}{\sigma}$ - определяет площадь под всей левой частью кривой и равна 0,5.

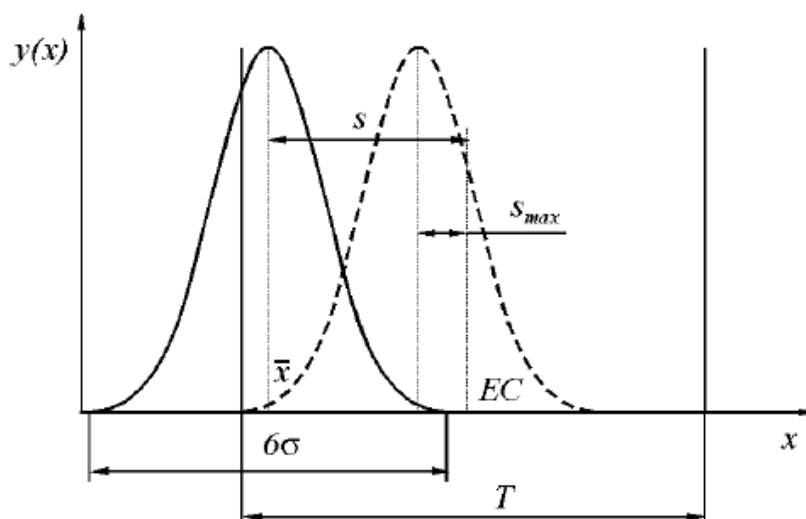


Рис. 1.8. Смещение кривой распределения под действием постоянных систематических факторов

Окончательно имеем выражение для определения возможного процента брака

$$P(x_{min} < x < [x_{min}]) = 0,5 - \Phi(t_1).$$

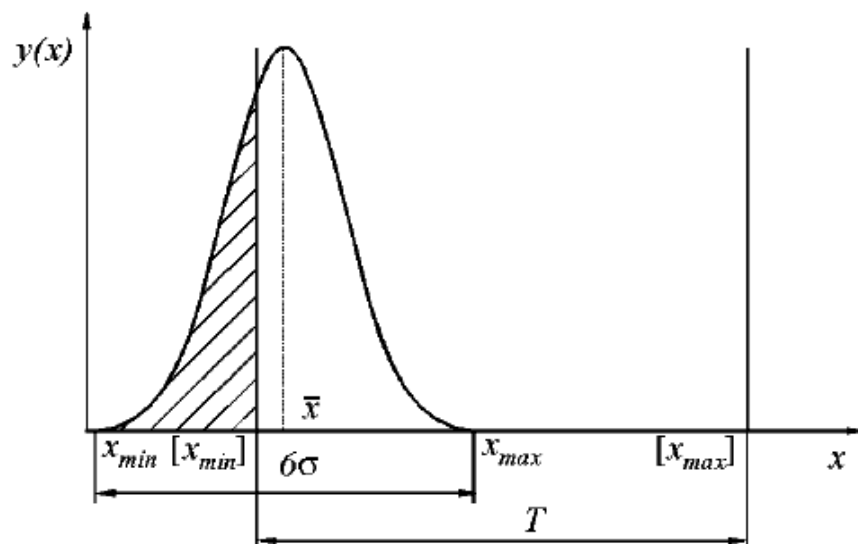


Рис. 1.9. Определение вероятности получения брака

1.3 Методика выполнения лабораторной работы

Для выполнения необходимо иметь:

- 1) выборку деталей, полученных в одной технологической операции (50 штук);
- 2) рычажный микрометр с ценой деления 0,02 мм и набор концевых мер для его настройки.

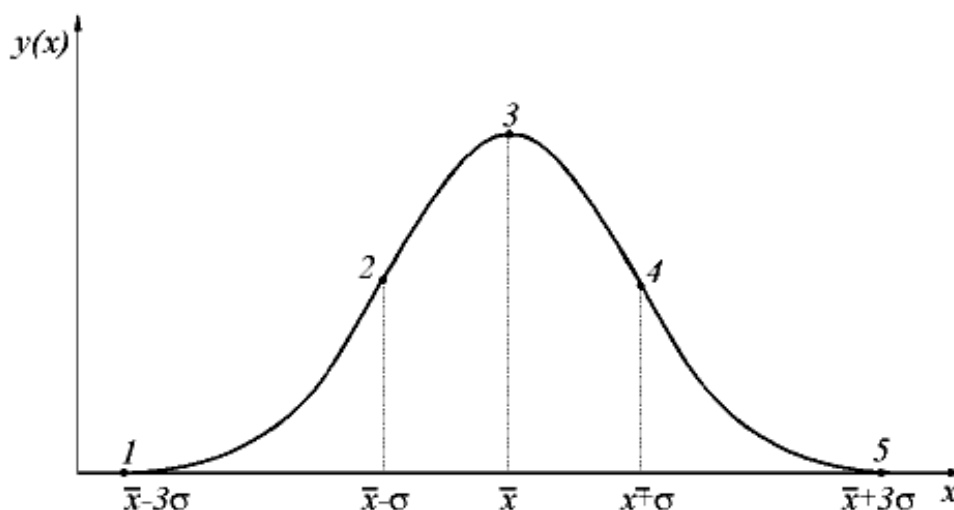
Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) произвести настройку рычажного микрометра, пользуясь набором концевых мер, соответствующим номинальному размеру деталей (номинальный размер с предельными отклонениями указывается преподавателем);
- 2) измерить все детали, записать результаты измерения (для уменьшения погрешности измерение следует производить в одном и том же сечении детали);
- 3) определить поле рассеяния размеров деталей ω_x по формуле 1.1;
- 4) разбить поле рассеяния на равные интервалы и определить: границы интервалов, середины каждого из них - x_i (число интервалов k принять равным 10);
- 5) определить частоты m_i , подсчитав число деталей, попавших в каждый из интервалов;
- 6) рассчитать центр группирования выборки по следующей формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i m_i}{n};$$

- 7) пользуясь формулой (1.3), определить стандартное отклонение σ ;
- 8) в едином масштабе построить практическую, теоретическую кривую распределения, поле допуска. Кривую Гаусса следует строить по пяти характерным точкам, абсциссы которых приведены на рисунке 1.10. Точки 1,5 соответствуют крайним точкам кривой Гаусса $y(1) = y(5) \approx 0$, точки 2, 4 –

точкам перегиба кривой $y(2) = y(4) = \frac{0,24\Delta x \cdot n}{\sigma}$, точка 3 – максимуму кривой $y(3) = \frac{0,4\Delta x \cdot n}{\sigma}$, где Δx – ширина интервала;



9) оценить точность технологической операции по относительному расположению кривой распределения и поля допуска, пользуясь условиями (1.12, 1.13);

10) если точность технологической операции не обеспечивается, определить вероятность получения брака, пользуясь формулой (1.6);

11) сделать выводы по работе, в выводах следует оценить точность операции; привести вероятность появления брака; указать факторы, действие которых может привести к появлению брака; наметить мероприятия, направленные на уменьшение брака.

1.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 1 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) эскиз детали с номиналом и предельными отклонениями контролируемого параметра;
- 3) таблица с данными замеров деталей (таблица 1.1);

Таблица 1.1

Данные замеров деталей

№ детали															
Размер, мм															

- 4) поле рассеяния размеров деталей;
- 5) таблица результатов статистической обработки (таблица 1.2);
- 6) ординаты теоретической кривой распределения;
ординаты крайних точек, соответствующих $x = \bar{x} \pm 3\sigma$:
 $y(1) = y(5) \approx 0$
ординаты точек перегиба для $x = \bar{x} \pm \sigma$
 $y(2) = y(4) =$
ордината точки максимума для $x = \bar{x}$
 $y(3) =$
- 7) теоретическая кривая распределения, полигон распределения, поле допуска;
- 8) необходимое и достаточное условие технологической точности (1.12, 1.13);
- 9) выводы по работе.

Таблица 1.2

Результаты статистической обработки

№ интер- вала	Грани- цы ин- терва- лов, мм	Сере- ди- на ин- тервала, мм	Ча- стость, m_i, шт.	Центр группиро- вания, \bar{x}, мм	Стандарт- ное откло- нение, σ, мм

1.5 Вопросы для самопроверки

1.5.1 Какие существуют виды погрешностей по характеру их действия?

1.5.2 Как определяется поле рассеяния случайной величины?

1.5.3 В каких случаях распределение случайной величины подчиняется нормальному закону?

1.5.4 Как влияют параметры нормального закона распределения на форму и положение кривой Гаусса?

1.5.5 Каким образом оценить точность по относительному расположению поля допуска и кривой нормального распределения?

1.5.6 Как определяется возможный процент брака с помощью нормированной функции Лапласа?

1.5.7 Какой вид имеют законы распределения Симпсона и закона равной вероятности?

1.5.8 Какова общая последовательность оценки точности технологической операции статистическим методом?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ

2.1 Цель работы

Изучение погрешностей, возникающих на обработанных поверхностях деталей машин под воздействием усилий закрепления. Установление возможностей уменьшения погрешностей обработки за счёт оптимизации усилия закрепления деталей, а также использование различных других конструкций станочных приспособлений.

2.2 Общие положения

Точность формы обработанной поверхности нежестких деталей в значительной степени зависит от упругих деформаций, возникающих под действием зажимных сил. Так, при закреплении тонкостенного кольца (рис.2.1, а) в трехкулачковом патроне от сил зажима кулачков его первоначальная цилиндрическая форма искажается, принимая форму, показанную на рис. 2.1, б после расточки обработанное отверстие принимает форму окружности (рис. 2.1, в) и сохраняет ее до раскрепления. После снятия кольца из патрона форма его наружной поверхности упруго восстанавливается, а обработанное отверстие искажается (рис. 2.1, г). Погрешность формы этой поверхности можно представить в виде

$$\Delta_p = 2(|f_A| + |f_B|), \text{ (мм)}, \quad (2.1)$$

где f_A – прогиб кольца под кулачками,

$$f_A = 0,016 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}, \quad (2.2)$$

f_B – выпучивание кольца между кулачками,

$$f_B = 0,014 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}. \quad (2.3)$$

Подставляя значения f_A и f_B в выражение 2.1, получим

$$\Delta_p = 0,06 \frac{Q \cdot R_{cp}^3}{E \cdot J}, \text{ (мм)}, \quad (2.4)$$

где $Q = 3 \cdot q$ – суммарная сила зажима (q – сила, развиваемая одним кулачком, Н);

E – модуль упругости материала кольца, кг/мм². Для конструкционных сталей $E = 2,1 \cdot 10^4$;

R_{cp} – средний радиус кольца,

$$R_{cp} = \frac{D+d}{4}, \text{ (мм)}, \quad (2.5)$$

J – момент инерции поперечного сечения кольца,

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ (мм}^4\text{)}, \quad (2.6)$$

где D , d , b и h – параметры кольца в мм (см. рис. 2.1, а).

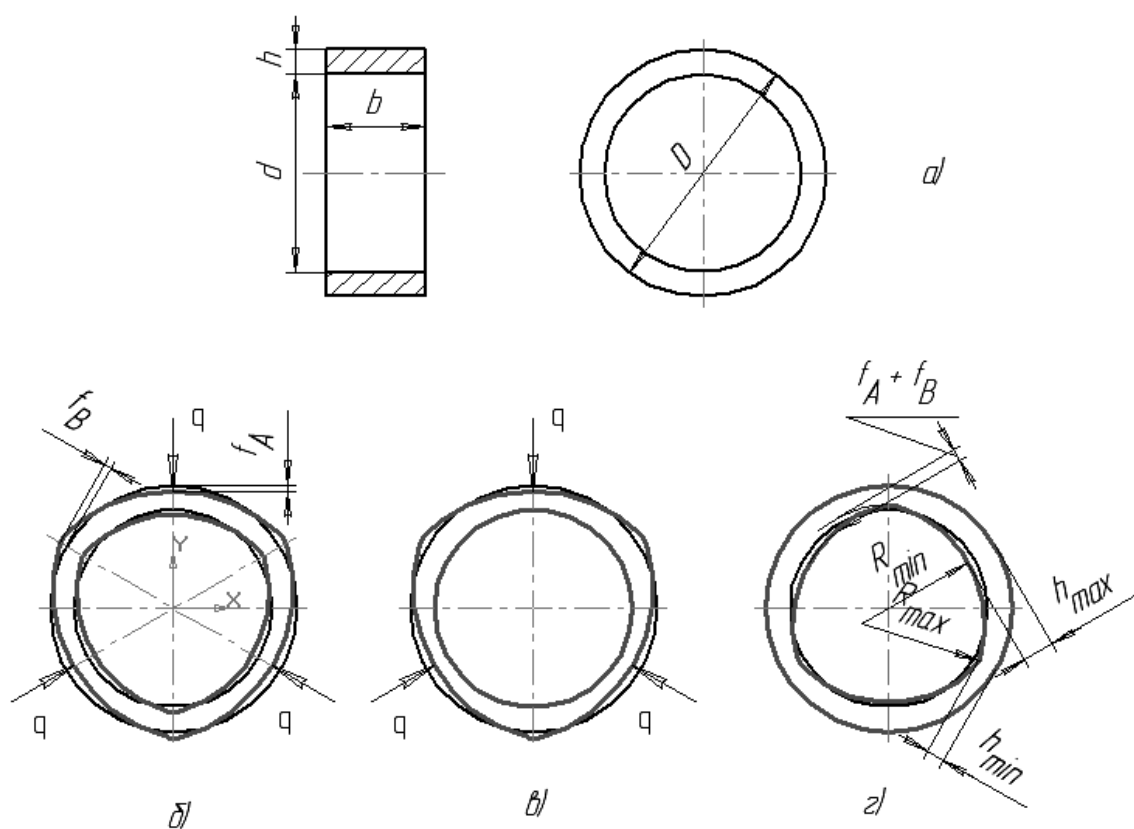


Рис. 2.1. Заготовка и схемы деформации кольца

Для обеспечения требуемой точности геометрической формы отверстия ε усилия зажима кулачков должны удовлетворять условию

$$Q = 3q \leq \frac{\varepsilon \cdot E \cdot J}{0,06 \cdot R_{cp}^3}, \text{ (Н)}. \quad (2.7)$$

С другой стороны, для надежного закрепления кольца в патроне необходимо, чтобы между усилиями зажима кулачков и тангенциальной составляющей силы резания P_z соблюдалось условие.

$$3 \cdot q \cdot \mu \cdot \frac{D}{2} \geq P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot K, \text{ откуда}$$

$$P_z = Q \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}, \text{ (Н)}. \quad (2.8)$$

где μ - коэффициент трения между поверхностями контактов кулачков и заготовки; K - коэффициент запаса. При данных конкретных условиях опыта значения последних можно соответственно принимать $\mu = 0,13$; $K = 1,5$.

Указанное в (2.8) значение составляющей силы резания обеспечивается варьированием режимов резания из условия

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}} \cdot K_{M_{P_z}} = Q \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}$$

При этом могут задаться значения:

а) подачи и скорости резания и определить величину глубины резания

$$t^{X_{P_z}} = \frac{Q \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}}{C_{P_z} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}} \cdot K_{M_{P_z}}}, \text{ (мм)}, \quad (2.9)$$

б) глубины и скорости резания и определить величину подачи

$$S^{Y_{P_z}} = \frac{Q \frac{D}{d} \cdot \frac{\mu}{K}}{C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}} \cdot K_{M_{P_z}}}, \text{ (мм/об.)}. \quad (2.10)$$

Задание по выполнению лабораторной работы

Исходя из требуемой точности геометрической формы растачиваемого отверстия, обеспечить условия выполнения данной операции. Сравнить расчетную и действительную неточности формы отверстия, дать оценку точности расчетного метода.

2.3 Условия выполнения работы

Станок – токарно-винторезный.

Режущий инструмент – расточной резец с твердосплавной пластиной Т15К6 со стандартной геометрией режущей части.

Измерительный инструмент – микрометр со сферическим наконечником, штангенциркуль.

Заготовка – тонкостенное кольцо из материала сталь 45.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 Начертить эскизы заготовки и схемы деформации кольца при закреплении в патроне.

2.4.2 Измерить параметры заготовки: наружный диаметр D , диаметр отверстия d , ширину b и толщину h . Результаты измерения и условия выполнения работы занести в бланк отчета.

2.4.3 Исходя из заданной точности формы отверстия ε (задается преподавателем), по формуле (2.7) рассчитать значение требуемого усилия зажима кулачка.

2.4.4. По установленной величине усилия зажима рассчитать усилие на рукоятке ключа по формуле

$$P_{рук} = \frac{q}{c}, \text{ (Н)},$$

где c – коэффициент, зависящий от диаметра патрона и длины рукоятки зажимного ключа. Для конкретного случая $D_{пат.} = 240 \text{ мм}$, $L_{рук} = 250 \text{ мм}$, принять $c = 38,3$.

2.4.5 По данным значениям подачи и скорости или глубины и скорости резания соответственно по формулам (2.9) или (2.10) рассчитать значения глубины резания и подачи.

Исходя из конкретных условий при обработке углеродистых сталей резцами с пластинками из твердого сплава значение коэффициентов и степеней принимать следующими:

$$X_{P_z} = 1,0; Y_{P_z} = 0,75; n_{P_z} = -0,15;$$

$$K_{M_{P_z}} = \left(\frac{\partial_{\text{вп}}}{75}\right)^{0,35}; C_{P_z} = 300.$$

2.4.6 Установить заготовку в трехкулачковом патроне и закрепить с расчетным усилием $P_{рук}$.

2.4.7 Установленными режимами резания расточить отверстие.

2.4.8 Снять кольцо и микрометром измерить толщину стенок в шести сечениях – в трех под кулачками h_{min} и в трех между кулачками h_{max} . Данные занести в таблицу отчета.

2.4.9 Определить среднее максимальное и среднее минимальное значение толщины стенок кольца:

$$h_{cp}^{max} = \frac{h'_{max} + h''_{max} + h'''_{max}}{3}, (\text{мм}),$$

$$h_{cp}^{min} = \frac{h'_{min} + h''_{min} + h'''_{min}}{3}, (\text{мм}).$$

2.4.10 Определить действительные значения погрешности формы отверстия (см. рис. 1г):

$$\Delta q = 2(h_{cp}^{max} - h_{cp}^{min}), (\text{мм}).$$

2.4.11 Сопоставить действительное и заданное значение погрешности формы отверстия:

$$\eta = \frac{\varepsilon - \Delta q}{\varepsilon} \cdot 100\%.$$

2.4.12 Результаты измерения и расчетов записать в отчет.

2.4.13 Сделать соответствующие выводы.

2.5 В отчете лабораторной работы приводятся:

1) Эскиз заготовки и схемы деформации кольца.

2) Условия выполнения работы:

а) станок, режущий и измерительный инструмент, материал и параметры заготовки, требуемая точность отверстия;

б) R_{cp} , J , q , $P_{рук}$.

3) Результаты измерения (толщину стенок в шести сечениях – в трех под кулачками h_{min} и в трех между ними h_{max} , среднее максимальное R_{cp}^{max} и минимальное R_{cp}^{min} , их значения, действительное значение погрешности формы отверстия Δq).

4) Оценка точности обработки.

5) Выводы по работе.

2.6 Вопросы для самопроверки

2.6.1 Механизм образования погрешностей под воздействием усилий закрепления?

2.6.2 Какие конструкции приспособлений обеспечивают обработку деталей без возникновения погрешностей от усилий закрепления?

2.6.3 Какие схемы закрепления деталей приводят к уменьшению погрешностей формы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

3.1 Цель работы

При обработке деталей различными методами осуществляется базирование в станочных приспособлениях. Существует большое разнообразие конструкций используемых станочных приспособлений, а также схем базирования. Целью работы является установление погрешностей базирования в зависимости от различных схем установки деталей при фрезеровании, а также выбор схемы установки деталей, обеспечивающей наименьшее значение погрешностей базирования.

3.2 Общие положения

Базированием называется придание детали определенного положения относительно режущего инструмента при ее механической обработке на станках. Оно осуществляется путем доведения базовых поверхностей детали до соприкосновения с установочными элементами приспособления. При этом, если установочная и исходная базы детали не совпадают, неизбежно возникает погрешность базирования, величина которой определяется предельными отклонениями исходной базы относительно режущего инструмента. О погрешности базирования можно говорить только при обработке способом автоматического получения заданного размера, когда для всей партии обрабатываемых деталей настройка режущего инструмента постоянна. И, наоборот, при обработке способом пробных проходов при любом расположении установочной и исходной баз погрешность базирования отсутствует, так как для каждой обрабатываемой детали расположение режущего инструмента корректируется по исходной базе.

Погрешность выдерживаемого размера обрабатываемой детали ΔI можно представить как сумму погрешности базирования - $\Delta_{баз}$ и всех прочих погрешностей, связанных с процессом обработки - ω .

$$\Delta I = \Delta_{баз} + \omega. \quad (3.1)$$

Откуда, допускаемое значение погрешностей базирования

$$\Delta_{баз}^{доп} = \Delta I - \omega. \quad (3.2)$$

Следовательно, обеспечение требуемой точности размера возможно при соблюдении условия

$$\Delta_{\text{баз}}^{\text{доп}} \geq \Delta_{\text{баз}}^{\phi}, \quad (3.3)$$

где $\Delta_{\text{баз}}^{\phi}$ - фактическое значение погрешности базирования.

При обратном соотношении этих величин, во избежание брака, необходимо уменьшить значение $\Delta_{\text{баз}}^{\phi}$, для чего необходимо:

- или изменить схему базирования;
- или ужесточить допуски на базисные размеры;
- или расширить поле допуска выдерживаемого размера (если это не нарушает правильность функционирования детали).

Величина $\Delta_{\text{баз}}^{\phi}$ рассчитывается аналитически и представляется виде полного дифференциала уравнения размерной цепи, в котором приращение вектора, связывающего исходную базу детали с установочной базой приспособления, выражена через соответствующего приращения базисных размеров.

Объясним суть метода на примере.

Предположим у детали цилиндрической формы требуется профрезировать уступ, выдержав размер I (см. рис.3.1).

1. При установке на плоскости (схематически показанной на рис. 3.2), погрешность базирования будет равна нулю, т.к. исходная база у всех заготовок занимает одно и то же положение и совпадает с установочной.

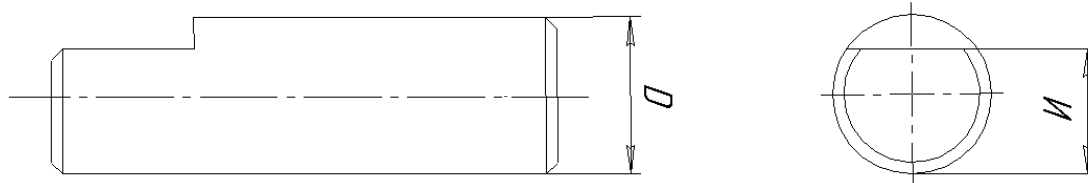


Рис.3.1.

Как видно из приведенной схемы установки, независимо от изменения заданного размера заготовки в пределах допуска ($\Delta D = \delta_D = D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$), исходный размер (I) остаётся постоянным и равняется

$$I = H \quad (3.4)$$

где H - размер настройки.

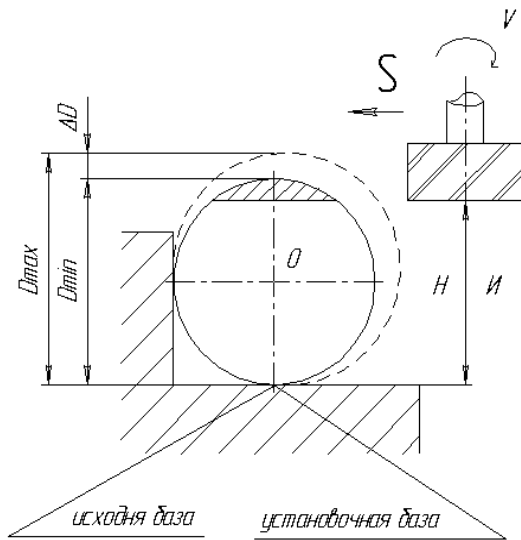


Рис. 3.2

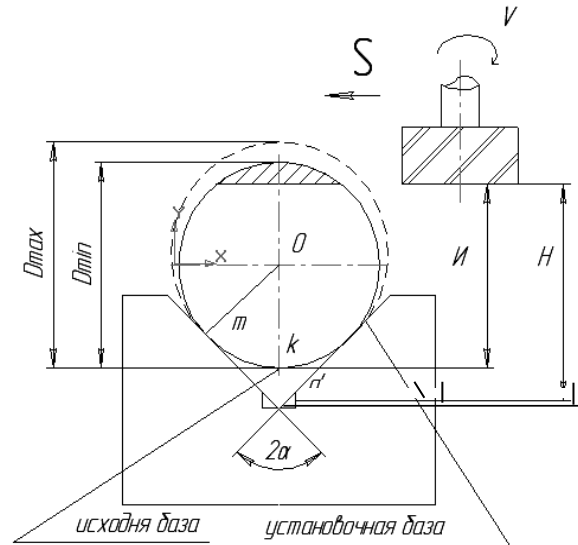


Рис. 3.3

Исходя из равенства $I=H$ (с учетом, что $H = const$, $\Delta H = 0$), можем написать, что

$$\Delta_{баз} = \Delta I = \Delta H = 0. \quad (3.5)$$

2. Оставив все прочие условия постоянными, вместо приспособления, показанного на рис 3.2, примем для установки деталей призму, схематически показанную на рис 3.3.

При данной установке, где исходная и установочная базы не совпадают, будем иметь погрешность базирования, что зависит от погрешности заданного размера ΔD . При этом исходный размер выражается в соответствии с рис 3.3:

$$I = H - O'K. \quad (3.6)$$

Подставляя значение $O'K$ (что определяется из $\Delta OO'm$) в выражении (3.6), получим

$$I = H - \frac{D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right). \quad (3.7)$$

Откуда погрешность базирования (с учетом, что $\Delta H=0$) будет равна

$$\left. \begin{aligned} I &= H - \frac{\Delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \\ \text{при } 2\alpha &= 90^\circ; \Delta I = -0,205\Delta D \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

Итак, при этом, погрешность базирования имеет место и обратно пропорциональна величине погрешности заданного размера - $\Delta D = \delta_D$.

3.3 Содержание и последовательность выполнения работы

Работа выполняется на вертикально фрезерном станке.

Режущий инструмент – фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком, диаметром $D=25\text{мм}$.

Заготовка – валики, в количестве 5 штук с диаметром $\varnothing 20^{+0,36}_{-0}\text{мм}$, длиной $L=100\text{мм}$, (желательно брать партию заготовок с большим полем рассеивания).

Работу следует выполнять в следующей последовательности:

1) Ознакомиться с рабочим чертежом заготовки (рис 3.1.) и схемами установки (рис 3.2 и 3.3)

2) Установить заготовку по первой схеме и по заданной настройке, обработать партию деталей с одного конца. Величина исходного размера и режимы резания задаются руководителем занятий.

3) Установить детали по второй схеме см. рис. 3.3) и профрезеровать уступ с другой стороны. Во избежание путаницы, на торцевых поверхностях наносить знаки кернером.

4) Измерить значения величин диаметров заготовки - D и исходных размеров - I_1 и I_2 полученных соответственно по указанным схемам установки, занести в графу табл. 3.1.

5) Рассчитать погрешности базирования;

а) по результатам опытных данных:

$$\Delta_{\text{баз}}^1 = \Delta I_1 = (I_1^{\text{max}} - I_1^{\text{min}});$$

$$\Delta_{\text{баз}}^2 = \Delta I_2 = (I_2^{\text{max}} - I_2^{\text{min}}).$$

б) по расчетным формулам (3.5) и (3.8):

$$\Delta_{\text{баз}}^1 = \Delta I_1 = \Delta H = 0;;$$

$$\Delta_{\text{баз}}^2 = \Delta I_2 = -0,205 \cdot \Delta D.$$

где ΔD – поле рассеивания диаметра заготовки (базисного размера) - $\Delta D = (D_{\text{max}} - D_{\text{min}})$.

3 Сопоставить теоретические и экспериментальные данные.

3.4 Вопросы для самопроверки

3.4.1 Какие встречаются схемы базирования при обработке деталей на фрезерных станках?

3.4.2 Какие схемы базирования деталей на фрезерных станках формируют наиболее высокую точность?

3.4.3 Какие факторы влияют на образование погрешностей базирования при выполнении различных операций обработки резанием?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА РЕЗЦА ОТ ПУТИ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

4.1 Цель работы

Экспериментально установить зависимость размерного износа токарного резца от пути резания. Выявить мероприятия, направленные на уменьшение погрешностей обработки, обусловленных размерным износом инструмента.

4.2 Общие положения

Под воздействием факторов, действующих в процессе обработки, происходит износ инструмента. При этом увеличиваются силы резания, растет температура в зоне резания, изменяется размер инструмента. Поскольку размер инструмента является одним из составляющих звеньев размерной цепи технологической системы (ТС), то его изменение приводит к изменению замыкающего звена – размера, получаемого в данной технологической операции. Таким образом, износ инструмента сказывается на точности обработки. Для того чтобы уменьшить погрешности обработки, обусловленные размерным износом инструмента необходимо знать механизм возникновения и изменения износа.

В зависимости от физической природы износа существует несколько видов износа режущих инструментов: абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный, электродиффузионный. Одной из задач, возникающих при определении режимов обработки, является выбор критерия износа. В зависимости от вида обработки, от требований к точности и состоянию поверхностного слоя различаются следующие критерии износа инструмента: критерий «блестящей полосы», силовой критерий, критерий оптимального износа, технологический критерий. С точки зрения обеспечения требуемой точности наиболее важным является технологический критерий. Согласно этому критерию инструмент подлежит замене, если наличие износа не позволяет получить размер детали в пределах требуемого допуска или если не обеспечивается требуемая шероховатость поверхности. Одним из вариантов технологического критерия износа является допустимая величина размерного износа инструмента. Размерный износ –

это износ, измеряемый по нормали к обрабатываемой поверхности. Для токарных резцов и фрез он обусловлен износом по задней поверхности (рис. 4.1) и связан с ним следующим соотношением:

$$U = h_3 \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.1)$$

где h_3 – износ по задней поверхности;

α – задний угол.

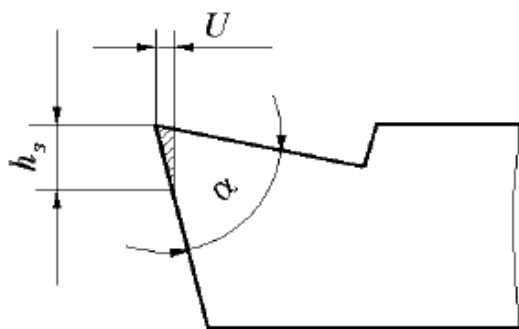


Рис. 4.1. Размерный износ резца

Для осевых инструментов (сверл, зенкеров, разверток) размерный износ измеряется в диаметральном направлении. Его действие приводит к изменению диаметра обрабатываемого отверстия.

Зависимость размерного износа от пути резания приведена на рис. 4.2.

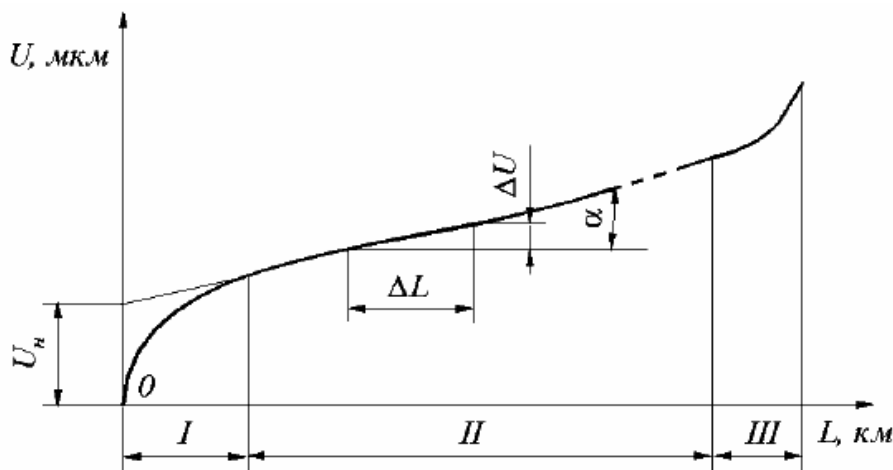


Рисунок 4.2 – Зависимость размерного износа от пути резания

Весь период работы резца может быть условно разделен на три участка:

I – начальный износ;

II – нормальный износ;

III – катастрофический износ.

Начальный износ (участок *I*) характеризуется большой скоростью изменения и обуславливается приработкой инструмента. При этом проис-

ходит сглаживание микронеровностей режущей кромки, появившихся в результате заточки.

На участке *II* скорость изменения износа уменьшается и стабилизируется. Это вызвано уменьшением напряжений, действующих на режущую кромку. Износ протекает под действием факторов, существующих в процессе резания.

На участке *III*, соответствующем катастрофическому износу, износ протекает наиболее интенсивно. Это объясняется увеличением температуры в зоне резания из-за увеличения площади контакта заготовки и задней поверхности инструмента. При этом происходит усиленный адгезионный и диффузионный износ. Эксплуатация инструмента в этой области недопустима.

С достаточной для практики точностью кривую износа можно заменить прямой, пересекающей ось ординат на расстоянии U_n , рис. 4.2. Уравнение такой прямой

$$U = U_n + U_0 L, \quad (4.2)$$

где U_n – начальный износ, мкм (определяется графически);

U_0 – относительный износ, мкм/км;

L – путь резания, км.

Путь резания при точении определяется

$$L = \frac{\pi D n \cdot \Theta}{10^6}, \quad (4.3)$$

где D – диаметр обработки, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин-1;

Θ – время обработки, мин.

Величина относительного износа U_0 характеризует скорость износа на участке нормального износа, она равна тангенсу угла наклона кривой износа к оси абсцисс

$$U_0 = \frac{\Delta U}{\Delta L} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.4)$$

где ΔU – приращение износа при соответствующем приращении пути резания ΔL .

Величины ΔU и ΔL определяются по графику, построенному в масштабе.

При чистовом точении конструкционной стали резцами, оснащенными пластинками твердого сплава Т15К6, Т30К4, начальный износ составляет 2-8 мкм, относительный – 2-10 мкм/км. При обработке чугуна резцами, оснащенными пластинками твердого сплава ВК4, ВК8, начальный износ составляет 3 – 10 мкм, относительный – 3-12 мкм/км.

Выражение для определения размерного износа в зависимости от параметров обработки при точении стали резцами с пластинками твердого сплава Т15К6, имеющими передний угол 12° , главный угол в плане 45° и радиус закругления 1 мм, имеет вид:

$$U_{op} = 0,33 \cdot V^{1,36} \cdot S^{0,95} \cdot t^{0,12}, \quad (5.5)$$

где U_{op} – расчетное значение относительного износа;

V – скорость резания м/мин;

S – подача мм/об;

t – глубина резания, мм.

Для уменьшения влияния размерного износа на точность применяется комплекс мероприятий связанных:

- с уменьшением размерного износа;
- с компенсацией размерного износа.

Для уменьшения размерного износа необходимо:

- уменьшать начальный износ за счет повышения качества заточки инструмента и применения доводки его режущих кромок;
- применять при обработке смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ);
- выбирать режимы резания, обеспечивающие высокую размерную стойкость инструмента (в особенности это касается дорогого инструмента - протяжек, разверток);
- выбирать материалы инструмента, соответствующие обрабатываемому материалу;
- применять инструмент с рациональными геометрическими параметрами.

С целью компенсации размерного износа следует:

- применять режущий инструмент со стабильными режущими свойствами, что позволит с большей долей вероятности прогнозировать величину износа;

- производить своевременную поднастройку технологической системы;
- своевременно производить замену режущего инструмента;
- применять автоматические устройства для определения износа и его компенсации.

4.3 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется:

- 1) токарный станок 1К62, оснащенный вращающимся задним центром;
- 2) гладкая цилиндрическая заготовка длиной около 500 мм и диаметром 60 – 70 мм, зацентрованная с одной стороны;
- 3) токарный проходной резец (К.01.4979.000-02 Т15К6 ТУ 2-035-892-82);
- 4) ванночка с водой;
- 5) индикаторное приспособление для измерения длины резца.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) измерить диаметр заготовки, d ;
- 2) настроить индикаторное приспособление. Для чего поместить новый резец в приспособление, и создав натяг, установить индикатор на нулевое деление;
- 3) произвести обработку заготовки. режимы обработки: скорость резания $v = 100 - 200$ м/мин, продольная подача $s = 0,1 - 0,2$ мм/об, глубина резания $t = 0,1 - 0,2$ мм, время обработки $\Theta_1 = 2$ мин;
- 4) охладить резец до комнатной температуры в ванночке с водой;
- 5) измерить износ резца за время работы Θ_1 , данные занести в таблицу;
- 6) повторить обработку заготовки, охлаждение резца и измерение его износа для времени работы 3, 5, 10, 20 минут;
- 7) определить путь резания для времени, отсчитываемого от начала эксперимента: 2, 5, 10, 20, 40 минут;
- 8) построить в масштабе график зависимости размерного износа от пути резания;

9) по графику определить величину начального износа U_n , относительного износа U_o ;

10) пользуясь зависимостью 5.5, рассчитать расчетное значение относительного износа U_{op} , сопоставить экспериментальное и расчетное значения относительного износа;

11) сделать вывод по работе.

4.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 4 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) эскиз обрабатываемой заготовки;
- 3) режимы обработки;
- 4) таблица экспериментальных данных (таблица 4.1);

Таблица 4.1

Экспериментальные данные

Время обработки Θ , мин	Суммарный путь резания L , км	Размерный износ U , мкм
2		
3		
5		
10		
20		

- 5) график зависимости размерного износа от пути резания;
- 6) экспериментальные значения начального износа, относительного износа;
- 7) расчетное значение относительного износа;
- 8) выводы по работе.

4.5 Вопросы для самопроверки

4.5.1 Что такое размерный износ инструмента?

4.5.2 Какие существуют критерии износа?

4.5.3 Как выглядит типичная кривая размерного износа?

4.5.4 Чем объясняется начальный износ, нормальный износ?

4.5.5 От каких факторов зависит величина относительного износа?

4.5.6 Как уменьшить размерный износ?

4.5.7 Как уменьшить влияние размерного износа на точность?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

БАЗИРОВАНИЕ И БАЗЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

1.1 Цель работы

Изучить основные понятия теории базирования, классификацию баз. Получить навыки выявления баз, разработки схем базирования. Познакомиться с реализацией наиболее распространенных схем базирования.

2.2 Общие положения

Качество машины обеспечивается на всех этапах ее создания от проектирования до изготовления. При реализации этих этапов для достижения точности приходится решать разноплановые задачи. Среди этих задач часто встречается задача, заключающаяся в необходимости обеспечить верное относительное положение предметов труда. При разработке конструкции машины главной задачей является придание требуемого положения одной детали относительно другой. В процессе сборки машины реализуется это положение деталей. При обработке заготовок на технологическом оборудовании невозможно получить требуемую точность, если заготовка и режущий инструмент занимают неопределенное относительное положение.

Для решения всех этих задач применяется теория базирования. От их решения, во многом зависят показатели качества и себестоимости машины.

1.2.1 Основные положения теоретической механики, определяющие теорию базирования.

Основу теории базирования составляет теоретическая механика, ее раздел об определении положения твердого тела в пространстве. Требуемое положение твердого тела относительно выбранной системы отсчета достигается наложением геометрических связей. Связями в теоретической механике называют условия, которые налагают ограничения на положение тела. Связи обычно осуществляются в виде воздействий на рассматриваемое тело со стороны других тел, ограничивающих свободу движения данного тела. Независимые перемещения, которые может иметь тело, называют степенями свободы. Абсолютно твердое тело имеет шесть степеней

свободы. Для того чтобы придать телу необходимое положение и состояние покоя относительно выбранной системы отсчета, его надо лишить шести степеней свободы, наложив на него шесть двусторонних геометрических связей.

Если избрать в качестве системы отсчета прямоугольную систему координат $OXYZ$ (рис. 1.1), то при наложении шести геометрических связей 1-6 тело лишится трех перемещений вдоль осей OX , OY и OZ и трех поворотов вокруг этих осей.

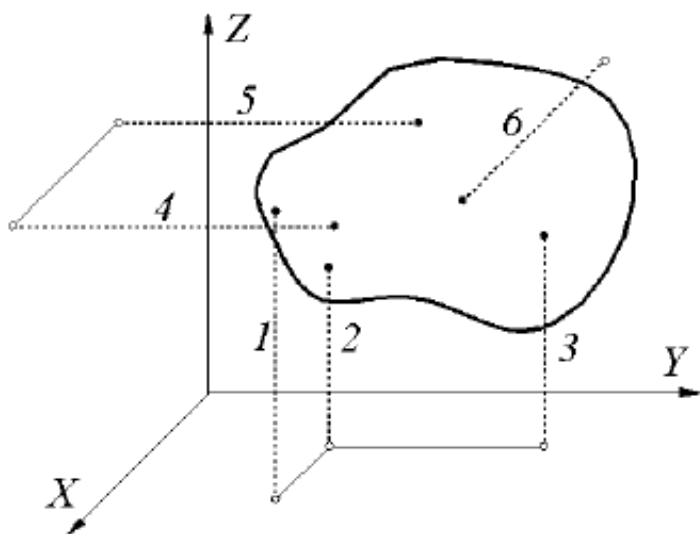


Рис. 1.1. Геометрические связи, определяющие положение твердого тела в системе координат $OXYZ$

- точки пересечения связей и поверхности тела;
- ° - точки пересечения связей и координатных плоскостей

Связи 1, 2, 3 лишают тело трех степеней свободы: перемещения вдоль оси Z и поворотов вокруг осей X и Y . Связи 4, 5 лишают тело двух степеней свободы: перемещения вдоль оси Y и поворота вокруг оси Z . Связь 6 лишает тело перемещения вдоль оси X .

Под базированием в машиностроении понимают придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Под изделием подразумевают деталь, сборочную единицу, а также режущий и измерительный инструмент, приспособления, приборы и другие объекты, допускающие их представление как абсолютно твердых тел.

Придание заготовке или изделию требуемого положения в избранной системе координат осуществляется в реальной ситуации путем соприкосновения ее поверхностей с поверхностями детали или деталей, на которые ее устанавливают или с которыми ее соединяют. Реальные детали машин ограничены поверхностями, имеющими отклонения формы, поэтому базируемая деталь контактирует с деталями, определяющими ее положение лишь на отдельных элементарных площадках - точках контакта.

В общем случае при сопряжении детали по трем поверхностям с деталями, базирующими ее, возникает шесть точек контакта. При этом на контактирующих поверхностях точки контакта распределяются определенным образом.

На рис. 1.2 показана деталь типа прямоугольного параллелепипеда, установленная в «угол», образованный базирующими деталями. Шесть точек контакта распределились на поверхностях детали (соответственно и на поверхностях, на которые она установлена) следующим образом: три точки контакта на нижней поверхности детали, две на боковой поверхности наибольшей протяженности и одна на торцевой поверхности.

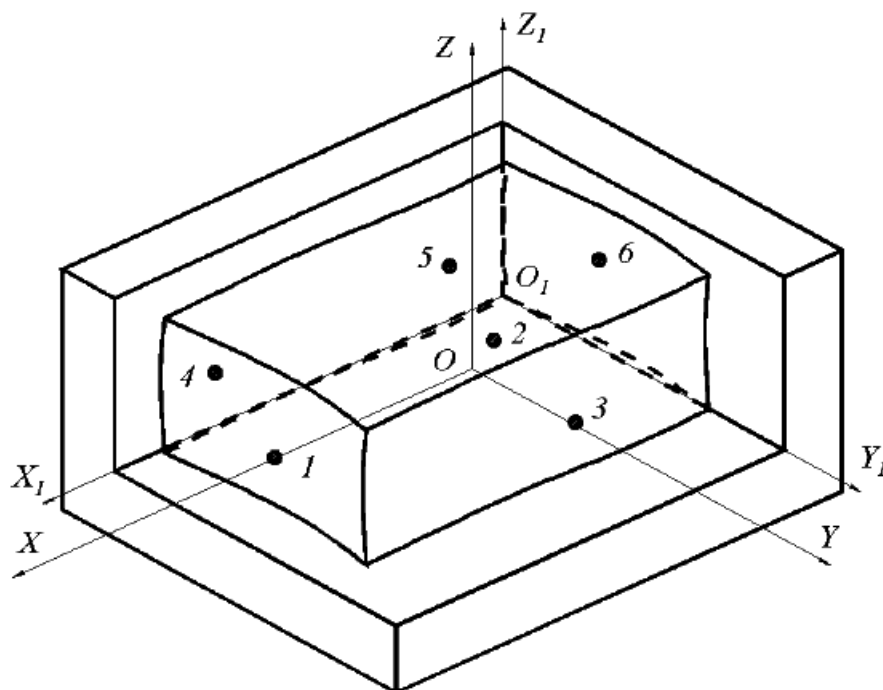


Рис. 1.2. Сопряжение реальных деталей по трем номинально плоским поверхностям

Таким образом, наложение на деталь шести геометрических связей и определение ее положения относительно деталей, на которые она установлена, в реальной жизни осуществляется через точки контакта. Более того, шесть точек контакта материализуют подвижную систему координат $O_1X_1Y_1Z_1$, связанную с базируемой деталью. Координатные плоскости этой системы координат проходят через точки контакта 1, 2, 3, 4, 5, 6. Положение базируемой детали в системе $OXYZ$ полностью отражает положение системы $O_1X_1Y_1Z_1$. Из рассмотренного примера видно, что базирование детали было осуществлено с помощью нескольких ее поверхностей – баз.

База - поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Для наложения на деталь шести связей с целью определения ее положения в системе $OXYZ$ потребовались три базы, образовавшие подвижную систему $O_1X_1Y_1Z_1$. ***Совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия, - комплект баз.***

В рассмотренном примере система $O_1X_1Y_1Z_1$ была построена на точках контакта базируемой детали с деталями, на которые она установлена. При идеализации геометрической формы поверхностей баз считается, что контакт деталей происходит полностью по сопрягающимся поверхностям. И тогда за координатные плоскости принимают поверхности баз, а наличие связей, наложенных на них, отображается опорными точками, носящими теоретический характер.

Опорная точка - это точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат. Условное изображение опорной точки показано на рисунке 1.3.

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах. Все опорные точки на схеме базирования нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагают наибольшее число опорных точек. Число проекций детали на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображают одну точку и около нее проставляют номера совмещенных точек.

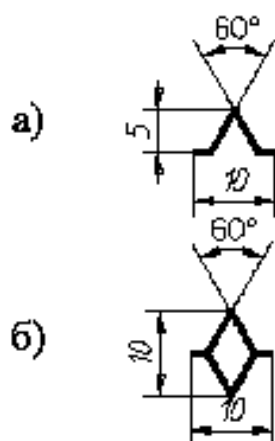


Рис. 1.3. Условное обозначение опорной точки
 а – на виде спереди и сбоку,
 б – на виде сверху

При некоторой идеализации, когда базируемая и базирующая детали имеют идеально плоские поверхности, координатные плоскости системы $O_1X_1Y_1Z_1$ образованы самими базами. В этом случае опорные точки располагаются на поверхностях базируемой детали. На рис. 1.4 показана схема базирования детали, представленной на рис. 1.2.

1.2.2 Классификация баз.

Существует три признака классификации баз: по назначению, по лишаемым степеням свободы и по характеру проявления.

Классификация баз по назначению. Базирование необходимо на всех стадиях создания изделия: при конструировании, при изготовлении и измерении. По назначению все базы разделяются на три вида: конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторской - база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Конструкторские базы в зависимости от выполняемых ими задач бывают основными и вспомогательными (рис. 1.5).

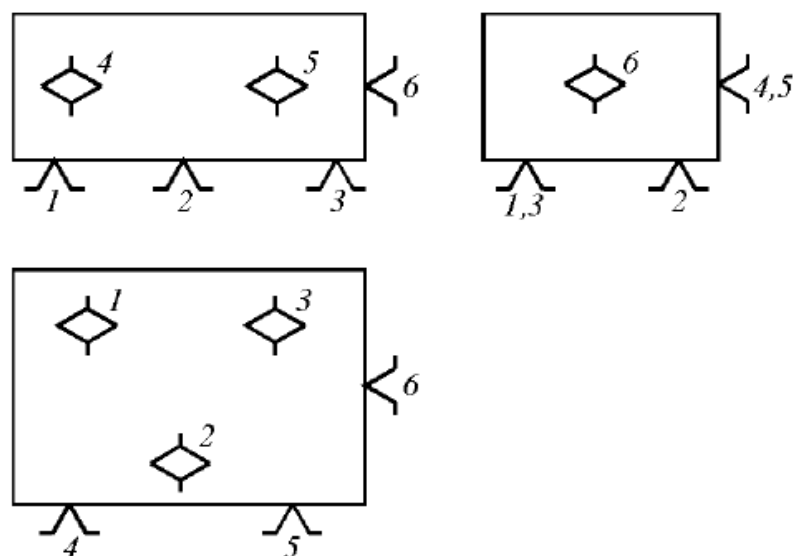


Рис. 1.4. Идеализированное представление о сопряжении деталей по плоским поверхностям

Основная конструкторская база - конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии.

Вспомогательная конструкторская база - конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ней изделия (детали или сборочной единицы).

На рис. 1.5 представлены основные и вспомогательные базы втулки. Любая деталь может иметь только один комплект основных баз и столько комплектов вспомогательных баз, сколько деталей или сборочных единиц к ней присоединяется.

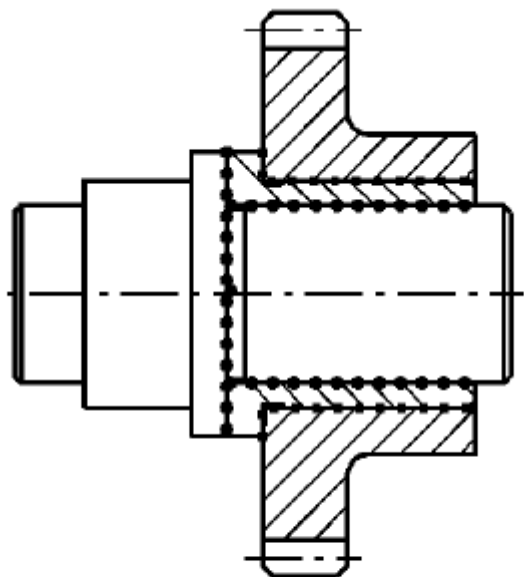


Рис. 1.5. Основные и вспомогательные базы деталей

••••• - Основные конструкторские базы

***** - вспомогательные конструкторские базы

Технологическая база - база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Понятие технологической базы распространяется на все стадии процесса изготовления изделия: на обработку заготовки, на сборку изделия и т. д.

Измерительной называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

Классификация баз по лишаемым степеням свободы.

Установочная база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Установочной базой является нижняя плоскость детали на рисунках 1.2, 1.4.

Направляющая база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси. Направляю-

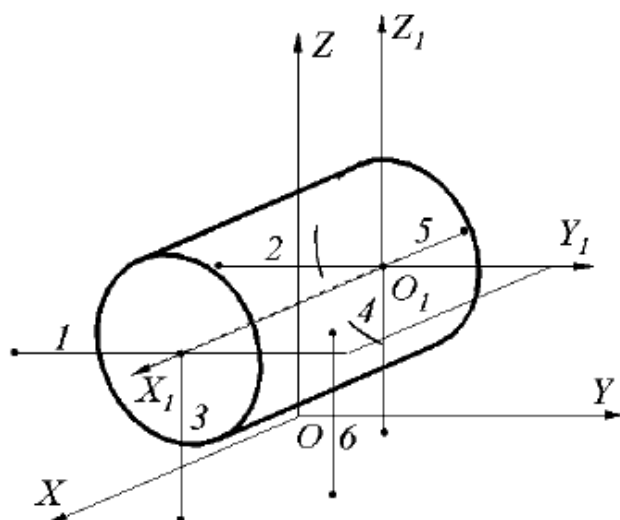


Рис. 1.6. Наложение шести связей на цилиндрическую деталь

щая база – боковая поверхность большей протяженности детали на рисунках 1.2, 1.4.

Опорная база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связи, лишаящей их одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. На рис. 1.2, 1.4 опорная база – торцовая поверхность детали.

Данный комплект баз является весьма распространенным и может считаться типовым.

Если базирование детали или заготовки осуществляется с использованием цилиндрической (конической) поверхности большой протяженности (соотношение ее длины и диаметра больше единицы), то с помощью этой поверхности на деталь или заготовку можно наложить четыре связи. Такая база получила название двойной направляющей.

Двойная направляющая база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг осей, параллельных им.

Наложение связей на деталь или заготовку с помощью цилиндрической (конической) поверхности показано на рисунке 1.6. Ось O_1X_1 подвижной системы координат $O_1X_1Y_1Z_1$ связана с осью детали. Две связи (1 и 2) из четырех, приложенных к оси, отнесены к координатной плоскости $X_1O_1Z_1$, две (3 и 4) – к $X_1O_1Y_1$. Эти связи отбирают у детали возможность перемещаться вдоль и поворачиваться вокруг осей, параллельных OY и OZ . Данные связи реализуются с помощью двойной направляющей базы. Перемещение детали вдоль оси O_1X_1 лишает связь 5, наложенная на торец детали. Угловое положение детали определено, с помощью связи 6. Последние две связи реализуются с помощью двух опорных баз.

Комплект из двойной направляющей и двух опорных баз широко используется и также является типовым.

Часты случаи, когда двойную направляющую базу образует сочетание двух цилиндрических или конических поверхностей небольшой протяженности (рис. 1.7).

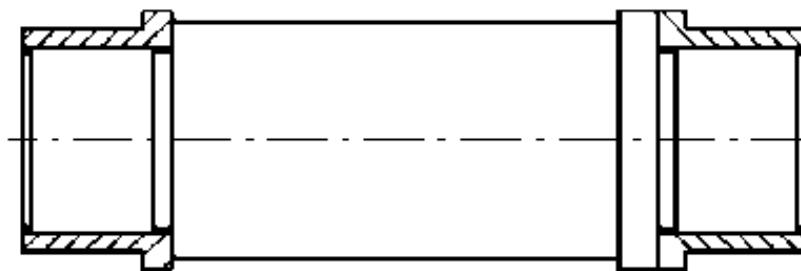


Рис. 1.7. Реализация двойной направляющей базы сочетанием двух цилиндрических поверхностей

Положение детали типа диска будет более устойчивым, если установить ее на торец и сделать торец установочной базой (рис. 1.8). С торцом совмещена координатная плоскость $X_I O_I Y_I$, на которую будут наложены три связи (1, 2, 3), реализуемые установочной базой. Две связи (4 и 5), лишаящие диск возможности перемещений в направлении осей OX и OY , наложены на ось цилиндрической поверхности, с их помощью реализуется двойная опорная база.

Для того чтобы лишить диск возможности поворота вокруг оси $O_I Z_I$, имеется связь 6, реализующая опорную базу.

Двойная опорная база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей.

Комплект из установочной, двойной опорной и опорной баз – третий типовой комплект баз.

Классификация баз по характеру проявления.

Скрытая база - база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Явная база - база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

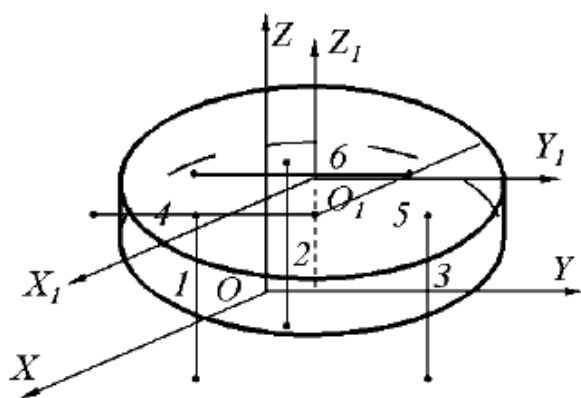


Рис. 1.8. Наложение шести связей на деталь типа диска

Скрытые базы используют, когда требуется определить положение детали или заготовки с помощью плоскостей симметрии, оси или пересечения осей. Базирование по скрытым базам выполняется с помощью специальных средств (центров токарного станка, самоцентрирующих патрона и тисков и т. д.). На рис. 1.9 показано базирование рычага по плоскости и по двум его плоскостям симметрии. Базирование по плоскостям симметрии осуществлено с помощью одновременно сходящихся призм. Нижние плоскости бобышек образуют явную установочную базу, продольная плоскость симметрии – скрытую, направляющую, а поперечная плоскость симметрии – скрытую, опорную базу.

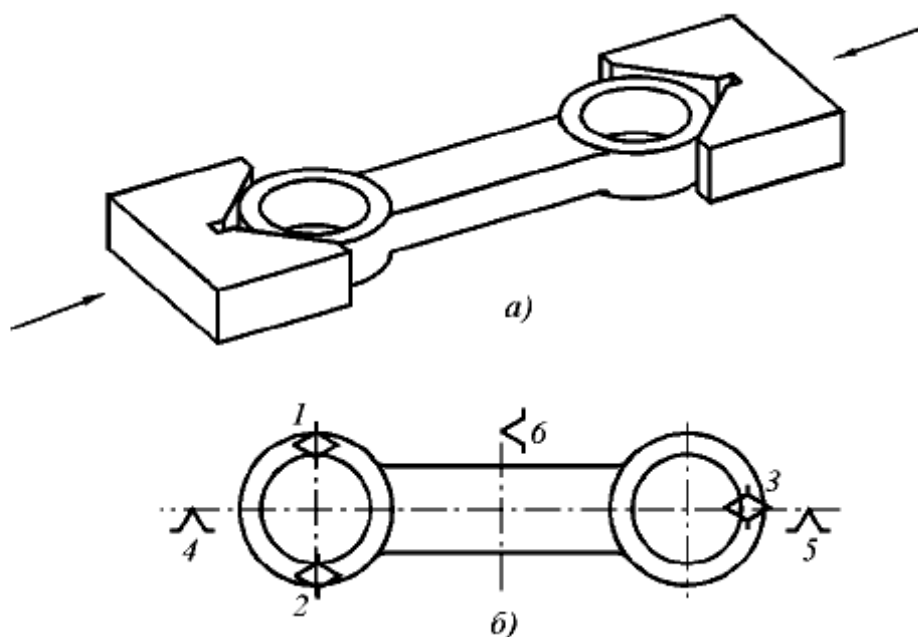


Рис. 1.9. Базирование рычага

а) схема приспособления, б) схема базирования

На рис. 1.10 приведена таблица классификации баз по всем трем признакам. Полное название базы должно охватывать все три классифика-

ционных признака. Например: конструкторская основная, двойная направляющая, скрытая; технологическая, опорная, явная и т.д.

По назначению	Конструкторские:	Технологические	Измерительные
	Основные		
	Вспомогательные		

По лишаемым степеням свободы	Установочная	Направляющая	Опорная	Двойная направляющая	Двойная опорная
------------------------------	--------------	--------------	---------	----------------------	-----------------

По характеру проявления	Явные	Скрытые
-------------------------	-------	---------

Рис. 1.10. Классификация баз

1.3 Методика выполнения лабораторной работы

Все конструкторские, технологические и метрологические задачи по базированию можно подразделить на два типа:

- анализ схемы базирования детали, используемой в конструкции изделия, технологическом процессе его изготовления или при измерении;
- разработка схемы базирования в соответствии с возникшей задачей на каком-либо этапе создания машины.

В лабораторной работе № 1 решается задача первого типа, при ее решении необходимо:

- из условий задачи выявить функциональное назначение баз и систему координат, относительно которой осуществляется базирование;
- выявить поверхности, оси, точки детали, заготовки и т. п., участвующие в базировании;
- проанализировать функции, выполняемые этими базами (определить каких степеней свободы лишает заготовку или изделие каждая из них);
- определить соответствие комплекта баз одному из типовых;

– в соответствии с признаками классификации определить названия баз;

– показать теоретическую схему базирования на эскизе.

Задача: выявить схему базирования шестерни на валу (рис. 1.11).

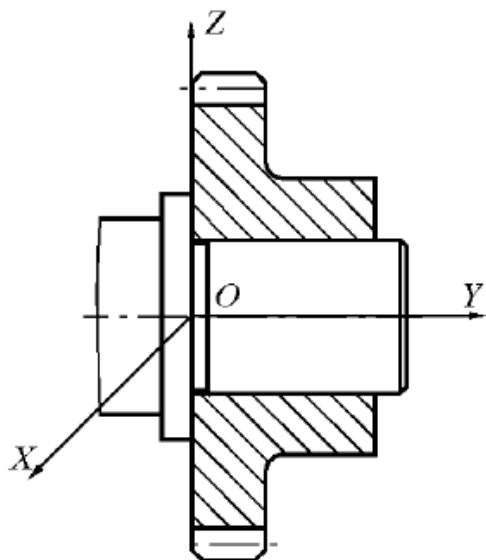


Рис. 1.11. Базирование шестерни на валу

Поскольку задача касается определения положений самой детали в сборочной единице, то речь может идти лишь о конструкторских основных базах.

Базирующей деталью является вал, с ним связана система отсчета $OXYZ$.

В базировании шестерни участвуют ее цилиндрическая поверхность (центральное отверстие) при соотношении $\frac{L}{d} > 1$ и левая торцовая поверхность.

Отверстие лишает шестерню четырех степеней свободы: перемещений вдоль осей X , Z и поворотов тех же осей.

Левый торец лишает шестерню перемещения вдоль оси Y . Поворота вокруг оси Y шестерня лишается за счет сил трения между шейкой вала и отверстием при соединении с натягом.

Такому сочетанию баз соответствует типовой комплект, в состав которого входят двойная направляющая и две опорные базы.

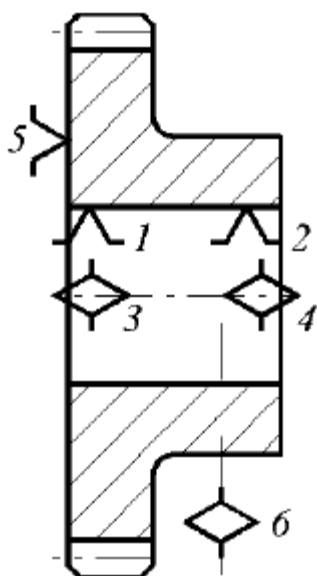


Рис. 1.12. Схема базирования шестерни на валу

По характеру проявления двойная направляющая база будет явной, первая опорная - явной и вторая опорная - скрытой. Таким образом, в состав комплекта основных баз, с помощью которых определено положение шестерни на валу, входят двойная направляющая явная, опорная и опорная скрытая базы представлена на рис. 1.12.

При выполнении лабораторной работы предлагается рассмотреть базирование заготовок в следующих типовых приспособлениях:

- базирование призматической заготовки по трем плоскостям;
- базирование вала в трехкулачковом самоцентрирующем патроне;
- базирование вала в центрах;
- базирование диска в трехкулачковом самоцентрирующем патроне;
- базирование втулки на гладкой оправке;
- базирование втулки на разжимной оправке;
- базирование вала в призме.

Для всех случаев базирования заготовок необходимо решить задачу выявления баз, привести схемы базирования, дать классификацию баз.

1.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 1 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) схемы базирования заготовок в установочных приспособлениях;
- 3) классификация баз;

Разделы 2, 3 оформить в виде таблицы (см. таблицу 1.1).

- 4) выводы по работе.

Таблица 1.1

Схемы базирования и классификация баз

Заготовка, приспособление	Схема базирования	Классификация баз		
		по назначению	по лишаемым степеням свободы	по характеру проявления
Базирование призматической заготовки по трем плоскостям				
Вал в трехкулачковом самоцентрирующем патроне				
Вал в центрах				
Диск в трех-				

кулачковом самоцентри- рующем па- троне				
Втулка на гладкой оправке				
Втулка на разжимной оправке				
Вал в призме				

1.5 Вопросы для самопроверки

1.5.1 Какие задачи решаются с помощью теории базирования?

1.5.2 Что такое базирование?

1.5.3 Сколько связей необходимо наложить на заготовку или изделие, чтобы определить их положение?

1.5.4 Что такое база?

1.5.5 Как разделяются базы по назначению?

1.5.6 В чем состоит отличие основных конструкторских баз от вспомогательных?

1.5.7 Как разделяются базы по лишаемым степеням свободы?

1.5.8 Как разделяются базы по характеру проявления?

1.5.9 В какой последовательности решается задача по выявлению схемы базирования?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ МЕТОДОМ

2.1 Цель работы

Изучить понятие жесткости технологической системы. Освоить методику определения жесткости оборудования производственным методом. Выявить мероприятия, направленные на уменьшение погрешностей обработки, обусловленных податливостью технологической системы.

2.2 Общие положения

Под действием сил, действующих в процессе обработки, в технологической системе (ТС) возникают упругие деформации. Они складываются из деформаций базовых деталей системы, деформаций стыков, а так же деформаций соединительных деталей (болты, клинья и др.). Наибольшее влияние на величину упругих деформаций системы оказывают деформации стыков и соединительных деталей.

Способность упругой системы оказывать сопротивление действию сил, стремящихся ее деформировать, характеризует ее жесткость. Оценка жесткости производится по отношению приращения нагрузки к получаемому при этом приращению упругого отжатия:

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta y}, \quad (2.1)$$

где ΔP - приращение нагрузки, Н;

Δy - приращение упругого отжатия, мм.

В некоторых случаях удобнее использовать величину, обратную жесткости, и получившую название податливости ТС.

$$\omega = \frac{1}{j}, \quad (2.2)$$

В результате действия упругих деформаций происходит изменение размеров станка, приспособления, инструмента, заготовки, являющихся составляющими звеньями размерной цепи ТС. Это, в свою очередь, приводит и к изменению замыкающего звена данной размерной цепи – размера, получаемого

при обработке. Механизм возникновения погрешностей, обусловленных податливостью ТС, представлен на рис. 2.1.

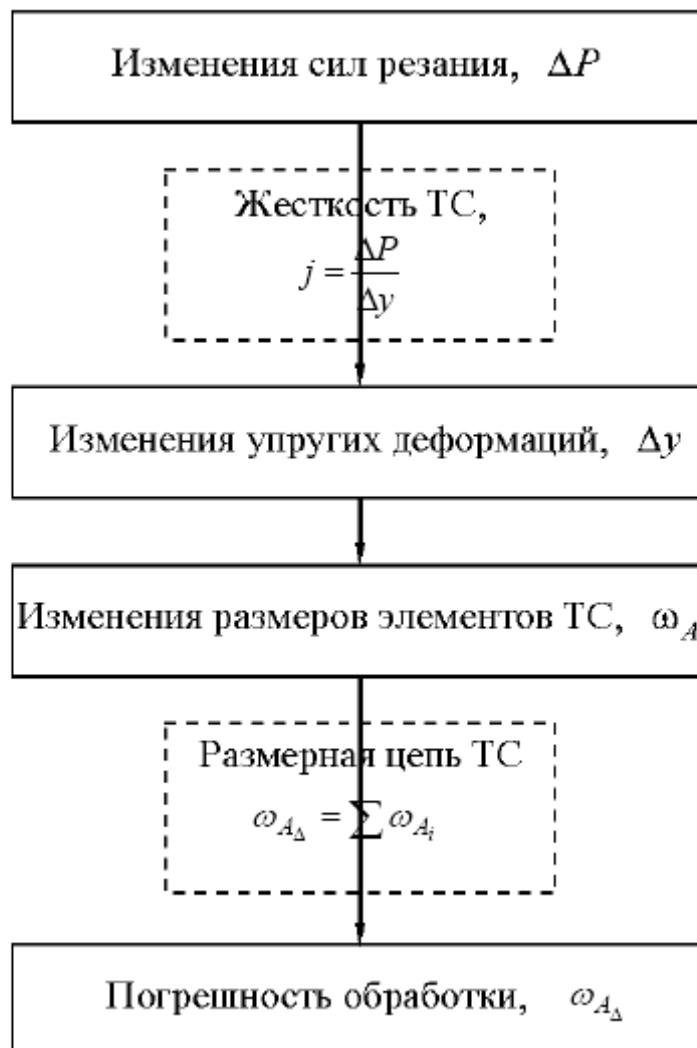


Рис. 2.1. Механизм возникновения погрешностей, обусловленных податливостью ТС

Для уменьшения погрешностей обработки, связанных с конечной жесткостью конкретной ТС, необходимо либо уменьшать колебания сил резания ΔP , либо увеличивать жесткость j .

Сила резания P зависит параметров обработки и определяется:

$$P = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{z_p} k_p, \quad (2.3)$$

где C_p - коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала;

t - глубина резания (припуск на обработку);

S – подача;

V – скорость резания;

k – поправочный коэффициент;

x_p, y_p, z_p - показатели степени, определяющие влияние на силу резания глубины, подачи и скорости соответственно.

Для уменьшения колебаний сил резания необходимо:

- уменьшить колебания механических свойств обрабатываемого материала за счет стабилизирующей термообработки;
- уменьшить колебания припуска за счет применения более точных заготовок и разделения обработки на стадии – черновую, чистовую, отделочную.

Для повышения жесткости ТС необходимо:

- уменьшать количества звеньев и стыков ТС;
- повышать контактную жесткости деталей;
- создавать предварительный натяг в ТС;
- использовать для изготовления базовых деталей станков материалы высокой и сверхвысокой жесткости (например, искусственный гранит);

Уменьшение погрешностей из-за упругих деформаций ТС производится также путем управления процессом обработки. При этом используются следующие мероприятия:

- применение систем автоматического регулирования для стабилизации упругих отжатий;
- статическая настройка станков с учетом упругих отжатий;
- выравнивание жесткости технологической системы по длине хода инструмента;
- изменение величины подачи на длине рабочего хода;
- корректировка траектории движения режущего инструмента на станках с ЧПУ за счет предусаждения управляющей программы.

Величина сил является случайной величиной, зависящей от параметров обработки, по случайному закону изменяются и упругие деформации. Поэтому погрешность обработки, определяемая действием упругих деформаций, также случайная величина. Упругие деформации технологической системы в ряде случаев являются определяющими с точки зрения точности обработки, так как погрешности, обусловленные ими, могут до-

стигать 20 - 80 % от суммарной погрешности изготовления. Кроме того, жесткость технологической системы оказывает большое влияние на виброустойчивость системы и на производительность механической обработки.

Существует несколько методов определения жесткости технологических систем или их отдельных элементов. Основными являются следующие методы:

- 1) статический (испытания на неработающем станке);
- 2) производственный (испытания при обработке заготовки);
- 3) динамический (испытания при действии периодических возмущающих воздействий).

Сущность статического метода определения жесткости заключается в том, что узлы станка с помощью специальных приспособлений нагружают силой, воспроизводящей действие силы резания, и при этом измеряют перемещение отдельных узлов станка. Перемещения узлов станка измеряются в направлении, нормальном к обрабатываемой поверхности, так как эти перемещения имеют основное значение и определяют погрешность обработки, обусловленную упругими деформациями технологической системы.

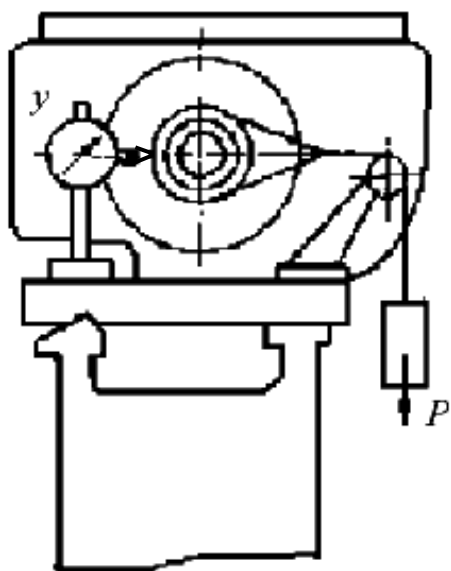


Рис. 2.2. Определение жесткости статическим методом

Принципиальная схема определения перемещения одной детали узла относительно другой под действием прикладываемой силы (по К. В. Вотинову) показана на рис. 2.2.

По мере увеличения массы груза, подвешенного на тросе, возрастает сила P , приложенная к концу шпинделя коробки скоростей. По показаниям индикатора, расположенного против точки приложения силы P по направлению ее действия, судят о перемещении конца шпинделя относительно станины станка. Полученные данные в виде точек наносят на график (рис. 2.3) и получают нагрузочную ветвь характеристики жесткости узла.

Затем, уменьшая нагрузку, строят разгрузочную ветвь. Площадь образовавшейся петли гистерезиса представляет собой работу, затраченную на преодоление сил трения, контактных деформаций и т. п.

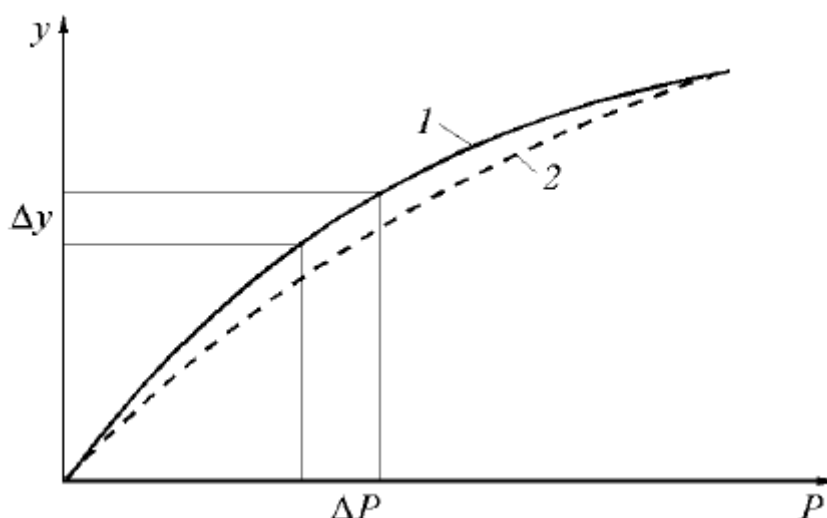


Рис. 2.3. Изменение упругих отжатий в зависимости от силы

Рассмотренный выше статический метод определения жесткости станков имеет существенные недостатки: он сложен и трудоемок. Кроме того, жесткость станка, определяемая в статическом состоянии, лишь приблизительно характеризует упругие перемещения станка в процессе работы.

Производственный метод испытания жесткости станков основан на том, что при обработке заготовки с неравномерным припуском изменяющаяся глубина резания, отклонение формы заготовки копируется на обработанной поверхности. Степень копирования тем больше, чем меньше жесткость технологической системы. Для исключения влияния жесткости других элементов ТС (приспособления, инструмента, заготовки) они должны иметь высокую жесткость.

Рассмотрим этот случай на примере определения жесткости токарного станка. Для обработки используется заготовка с неравномерным припуском (рис. 2.4). При обработке малой ступени заготовки глубина резания – t_1 ; нормальная составляющая силы резания – P_{y1} ; соответствующее этой силе перемещение – y_1 . При обработке большей ступени заготовки эти величины соответственно равны: t_2 ; P_{y2} ; y_2 .

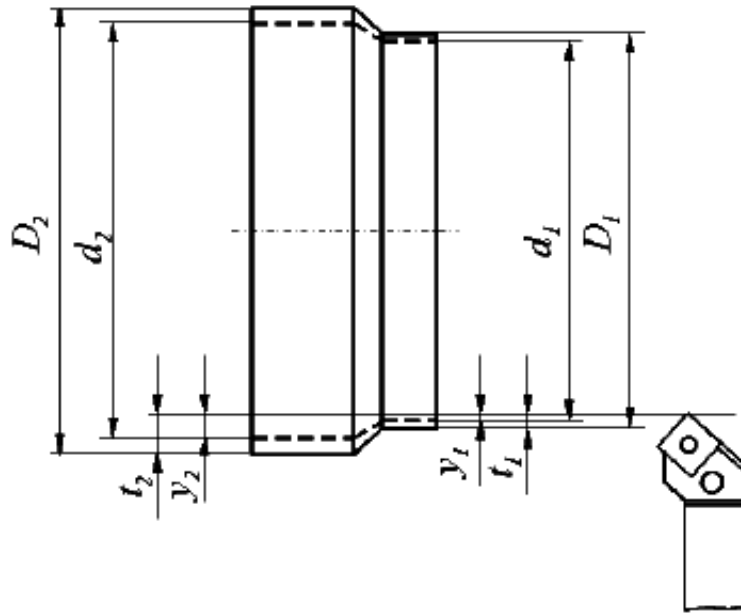


Рис. 2.4. Определение жесткости токарного станка производственным методом

Жесткость станка с учетом выражения (2.1) составит:

$$j = \frac{\Delta P_y}{\Delta y} = \frac{P_{y_2} - P_{y_1}}{y_2 - y_1}.$$

Приращение радиальной силы резания

$$\Delta P_y = C_{P_y} t_2^{x_{P_y}} S^{y_{P_y}} V^{z_{P_y}} k_{P_y} - C_{P_y} t_1^{x_{P_y}} S^{y_{P_y}} V^{z_{P_y}} k_{P_y} = C_{P_y} S^{y_{P_y}} V^{z_{P_y}} k_{P_y} (t_2^{x_{P_y}} - t_1^{x_{P_y}})$$

Разность упругих перемещений при обработке малой и большой ступени из рис. 2.4 равна

$$\Delta y = y_2 - y_1 = \frac{d_2 - d_1}{2},$$

где d_2, d_1 – диаметры заготовки после обработки.

С учетом выражений для $P_y, \Delta y$ жесткость станка

$$j = C_{P_y} S^{y_{P_y}} V^{z_{P_y}} k_{P_y} (t_2^{x_{P_y}} - t_1^{x_{P_y}}) \frac{2}{d_2 - d_1}. \quad (2.4)$$

При обработке конструкционной стали резцами из твердого сплава, имеющими главный угол в плане $\phi = 45^\circ$, передний угол $\gamma = 10^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, радиус при вершине $r = 2$ мм, ко-

эфициенты принимают следующие значения: $C_{py} = 2383$; $x_{py} = 0,9$;
 $y_{py} = 0,6$; $z_{py} = -0,3$; $k_{py} = 1$.

Жесткость станка в этом случае, Н/мм

$$j = 2383 \cdot S^{0,6} V^{-0,3} (t_2^{0,9} - t_1^{0,9}) \frac{2}{d_2 - d_1},$$

где S – продольная подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

t – глубина резания, мм.

Входящее в формулу отношение разности глубин резания к разности диаметров после обработки характеризует увеличение точности, полученное в результате обработки. Очевидно, что при большей жесткости станка это отношение больше. То есть получение большей точности возможно за счет увеличения жесткости ТС. Увеличение жесткости также способствует повышению производительности обработки, так как при высокой жесткости ТС требуемая точность может быть получена при меньшем числе технологических переходов.

Жесткость токарного станка, в основном, определяется жесткостью трех его элементов: жесткостью передней бабки, задней бабки и суппорта. В зависимости от положения суппорта по длине заготовки влияние жесткости этих элементов различно. Это приводит к тому, что жесткость станка зависит от координаты положения суппорта, x (рис. 2.5).

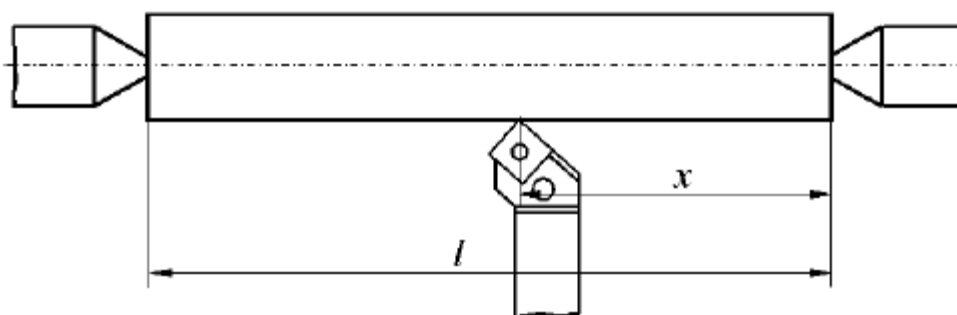


Рис. 2.5. Координата положения инструмента

Значение суммарной податливости и жесткости станка в зависимости от жесткости отдельных элементов станка и координаты положения инструмента

$$\omega_{cm} = \omega_{cyn} + \omega_{зб} \left(\frac{l-x^2}{l} \right)^2 + \omega_{нб} \left(\frac{x^2}{l} \right), \quad (2.6)$$

$$\frac{1}{j_{cm}} = \frac{1}{j_{cyn}} + \frac{1}{j_{зб}} \left(\frac{l-x^2}{l} \right)^2 + \frac{1}{j_{нб}} \left(\frac{x}{l} \right)^2, \quad (2.7)$$

где ω_{cyn} , $\omega_{зб}$, $\omega_{нб}$ - податливость суппорта, задней бабки, передней бабки;

j_{cyn} , $j_{зб}$, $j_{нб}$ - жесткость суппорта, задней бабки, передней бабки;

Экспериментально определив жесткость станка для нескольких положений инструмента, с помощью выражений (2.6), (2.7) можно рассчитать жесткость отдельных элементов станка. Податливость станка при трех положениях суппорта: у передней бабки - ω_{cm_1} , ($x = l$); в среднем положении - ω_{cm_2} , ($x = l/2$); у задней бабки - ω_{cm_3} , ($x = 0$).

$$\omega_{cm_1} = \omega_{cyn} + \omega_{нб};$$

$$\omega_{cm_2} = \omega_{cyn} + \frac{\omega_{нб} + \omega_{зб}}{4};$$

$$\omega_{cm_3} = \omega_{cyn} + \omega_{зб}.$$

Выражения для податливости отдельных элементов станка после решения системы трех уравнений

$$\omega_{cyn} = 2\omega_{cm_2} - \frac{1}{2}(\omega_{cm_1} - \omega_{cm_3}); \quad (2.8)$$

$$\omega_{нб} = \frac{3}{2}\omega_{cm_1} - 2\omega_{cm_2} + \frac{1}{2}\omega_{cm_3}; \quad (2.9)$$

$$\omega_{зб} = \frac{3}{2}\omega_{cm_3} - 2\omega_{cm_2} + \frac{1}{2}\omega_{cm_1}. \quad (2.10)$$

Жесткости отдельных элементов определяются в соответствии с выражением (2.2).

Ориентировочные данные жесткости токарных станков, находящихся в эксплуатации приведены в таблице 2.1:

Таблица 2.1

Жесткость токарных станков

Высота центров, мм	200	250	300	400	500
Жесткость станка, Н/мм	20000	25000	30000	40000	50000
Средняя жесткость узлов, Н/мм	40000	50000	60000	80000	100000

Жесткость новых станков несколько выше. Наибольшее влияние на жесткость станка оказывает суппорт, т.к. он имеет большое число стыков, в том числе подвижных. Жесткость шпиндельного узла (передней бабки) зависит от способа посадки патрона на шпиндель. Посадка на резьбовой конец снижает его жесткость, а фланцевая посадка увеличивает ее. Обычно жесткость шпиндельного узла значительно больше жесткости суппорта. При патронных работах жесткость передней бабки и станка в целом намного ниже, чем в центрах.

Жесткость задней бабки в значительной степени зависит от вылета пиноли, качества центрального гнезда, центра (жесткого, вращающегося).

2.3 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется:

- 1) токарный станок 1К62 (для получения характерных зависимостей применяется станок, долго находившийся в эксплуатации);
- 2) заготовка с тремя наваренными дисками, имеющими ступени для получения неравномерного припуска;
- 3) токарный проходной резец К.01.4979.000-02 Т15К6 ТУ 2-035-892-82.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) измерить диаметры ступеней заготовки до обработки D_1 , D_2 ; данные занесите в таблицу отчета;
- 2) последовательно проточить диски при трех положениях суппорта. Режимы обработки: скорость резания $V = 50 - 60$ м/мин, продольная подача $S = 0,2 - 0,3$ мм/об, глубина резания при обработке ступени меньшего диаметра D_1 $t = 0,5$ мм;
- 3) измерить диаметры ступеней заготовки после обработки данные занести в таблицу отчета;

4) пользуясь зависимостью (2.7) определить жесткость токарного станка для трех положений суппорта: у передней бабки - j_{cm_1} , в середине - j_{cm_2} , у задней бабки - j_{cm_3} ;

5) определить податливость станка для трех положений суппорта: $\omega_{cm_1}, \omega_{cm_2}, \omega_{cm_3}$;

6) определить податливость и жесткость отдельных элементов станка, пользуясь зависимостями (2.8), (2.9), (2.10);

7) сделать вывод по работе.

2.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 2 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) эскиз обрабатываемой заготовки;
- 3) режимы обработки;
- 4) таблица с данными замеров и расчетов (таблица 2.2);

Таблица 2.2

Данные замеров заготовок и результаты расчетов

Положение суппорта	D_1 , мм	D_2 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	j_{cm} , Н/мм	ω_{cm} , мм/Н
У передней бабки						
В середине						
У задней бабки						

5) определение жесткости отдельных узлов станка;

6) выводы по работе.

2.5 Вопросы для самопроверки

2.5.1 Что такое жесткость технологической системы?

2.5.2 Какими методами определяется жесткость?

2.5.3 Каков механизм влияния жесткости на точность обработки?

2.5.4 В чем состоит сущность определения жесткости технологической системы производственным методом?

2.5.5 От чего зависит погрешность заготовки с переменным припуском после обработки?

2.5.6 Как уменьшить влияние податливости на точность?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ЗАГОТОВКИ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

3.1 Цель работы

Изучить влияние жесткости заготовки на точность обработки. Освоить методику определения погрешностей формы нежесткого вала. Выявить мероприятия, направленные на уменьшение погрешностей обработки, обусловленных малой жесткостью заготовки.

3.2 Общие положения

Под действием сил, действующих в процессе обработки, в технологической системе (ТС) возникают упругие деформации. Они складываются из деформаций всех элементов ТС, в том числе и деформаций обрабатываемой заготовки.

Если жесткость заготовки невелика, то погрешности обработки в основном определяются деформациями заготовки. Деформации заготовки возникают под действием сил закрепления или под действием сил резания. В тех случаях, когда жесткость заготовки переменна по длине, образуется погрешность формы обработанной поверхности.

При обработке нежесткого вала происходит изменение положения его оси под действием составляющих силы резания (рис. 3.1).

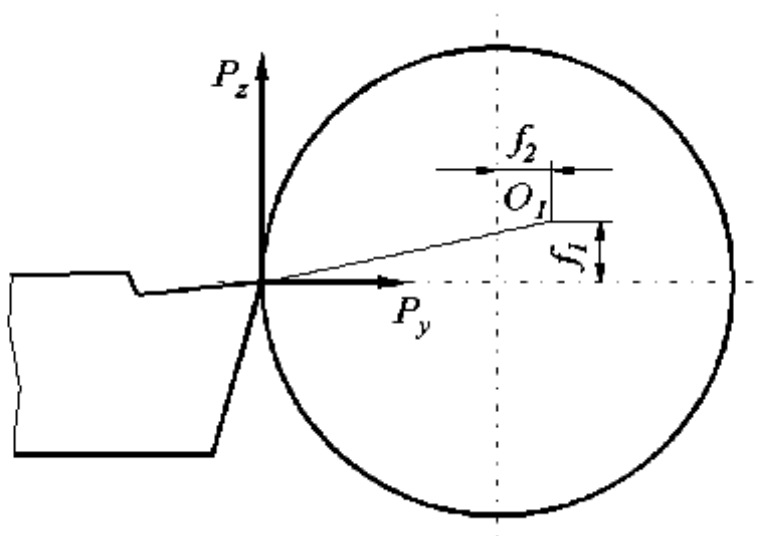


Рис. 3.1. Изменение положения оси нежесткого вала

Величины прогибов вала в вертикальном f_1 и горизонтальном f_2 направлении при положении инструмента в середине заготовки

$$f_1 = \frac{P_z \cdot l^3}{140E \cdot J}, \quad (3.1)$$

$$f_2 = \frac{P_y \cdot l^3}{140E \cdot J}, \quad (3.2)$$

где P_z, P_y - тангенциальная и радиальная сила резания, Н;

l – длина вала, мм;

E – модуль упругости материала заготовки, $E = 2 \cdot 10^4$, МПа;

J – момент инерции вала, $J = 0,05d^4$, мм⁴ (d – диаметр вала до обработки, мм).

Составляющие силы резания при точении

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} V^{z_{P_z}} k_{P_z}, \quad (3.3)$$

$$P_y = C_{P_y} t^{x_{P_y}} S^{y_{P_y}} V^{z_{P_y}} k_{P_y}, \quad (3.4)$$

где C_{P_z}, C_{P_y} - коэффициенты, зависящие от механических свойств обрабатываемого материала;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

k_{P_z}, k_{P_y} – поправочные коэффициенты для измененных условий обработки;

x_p, y_p, z_p - показатели степени, определяющие влияние на силу резания глубины, подачи и скорости соответственно.

При обработке заготовки вала наименьшие деформации будут получены при положении инструмента около опор, наибольшие – в середине. Радиус обработанной заготовки в среднем сечении с учетом суммарного прогиба заготовки из рис. 3.1 составит

$$r_{max} = \sqrt{(r + f_2)^2 + f_1^2}, \quad (3.5)$$

где r – расчетный диаметр вала без учета прогиба.

$$r = \frac{d}{2} - t, \quad (3.6)$$

Расчетное значение погрешности формы вала, полученное в результате обработки определяется

$$\Delta\Phi = \frac{2r_{\max} - d}{2}. \quad (3.7)$$

Фактическая погрешность составит:

$$\Delta\Phi_{\phi} = \frac{d_{\max_{\phi}} - d_{\min_{\phi}}}{2}, \quad (3.8)$$

где $d_{\max_{\phi}}, d_{\min_{\phi}}$ - максимальный и минимальный действительный диаметр вала.

Для уменьшения погрешностей формы обработанной поверхности, обусловленных малой жесткостью заготовки необходимо:

- применять дополнительные опоры, увеличивающие жесткость ТС (люнеты на токарных станках, различные подводимые опоры при обработке на фрезерных станках);
- уменьшить силы резания за счет уменьшения глубины резания, подачи, изменения геометрических параметров режущего инструмента;
- применять обработку с изменяемой по определенному закону подачи (рис. 3.2а) или глубиной резания (рис. 3.2б) (это можно реализовать только при использовании оборудования с ЧПУ). На участках с меньшей жесткостью величина подачи должна быть уменьшена до значений, обеспечивающих постоянство упругих деформаций заготовки. Глубину резания возможно изменять за счет изменения траектории движения инструмента.

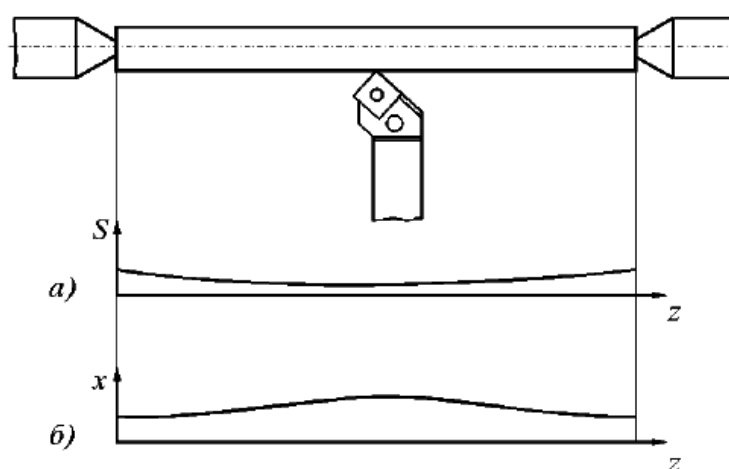


Рис. 3.2 – Уменьшение погрешностей формы при обработке нежесткой заготовки

а) закон изменения подачи; б) закон изменения траектории

3.3 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется:

- 1) токарный станок 1К62 (для получения характерных зависимостей применяется станок, долго находившийся в эксплуатации);
- 2) цилиндрическая заготовка диаметром 20 – 30 мм, длиной 500 – 600 мм;
- 3) токарный проходной резец К.01.4979.000-02 Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) измерить диаметры заготовки до обработки в трех сечениях (у переднего центра, в середине, у заднего центра), определить среднее значение и принять его за действительный диаметр заготовки, d ;
- 2) точить заготовку вала по всей длине; режимы обработки: скорость резания $V = 50 - 60$ м/мин, продольная подача $S = 0,1$ мм/об, глубина резания $t = 0,5$ мм;
- 3) измерить диаметры заготовки в трех сечениях после обработки;
- 4) определить фактическое отклонение формы вала по выражению (3.8);
- 5) определить расчетный радиус вала в среднем сечении по формуле (3.5);
- 6) определить расчетное отклонение формы вала по выражению (3.7);
- 7) сопоставить фактическое и расчетное отклонение формы вала;
- 8) сделать вывод по работе.

3.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 3 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) эскиз обрабатываемой заготовки;
- 3) режимы обработки;
- 4) диаметры заготовки, среднее значение диаметра заготовки;

5) диаметры вала в трех сечениях после обработки;

Таблица 3.1

Экспериментальные данные

Сечение вала	Диаметр до обработки, мм	Диаметр после обработки, мм
У передней бабки		
В середине		
У задней бабки		

6) расчетный диаметр вала в среднем сечении;

7) фактическое и расчетное отклонение формы вала

8) выводы по работе.

3.5 Вопросы для самопроверки

3.5.1 По какой причине появляется погрешность формы длинного нежесткого вала при токарной обработке?

3.5.2 Как определить расчетный размер вала в среднем сечении?

3.5.3 Как уменьшить погрешность формы вала?

3.5.4 В чем состоит сущность уменьшения погрешности формы при обработке на оборудовании с ЧПУ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОКАРНОГО РЕЗЦА ОТ ПУТИ РЕЗАНИЯ

4.1 Цель работы

Изучить зависимость температурных деформаций инструмента от пути резания. Освоить методику определения температурных деформаций. Выявить мероприятия, направленные на уменьшение погрешностей обработки, обусловленных температурными деформациями элементов технологической системы.

4.2 Общие положения

В процессе обработки большая часть работы сил резания переходит в тепло. Теплота, образовавшаяся в процессе резания, действует на элементы технологической системы (ТС), часть ее рассеивается в окружающей среде. Другими источниками тепла являются электродвигатели, гидроаппаратура. Под действием теплоты в ТС происходят температурные деформации. Изменение размеров элементов ТС, являющихся составляющими звеньями размерной цепи ТС, приводит к изменению замыкающего звена – размера детали. Таким образом, температурные факторы, действующие в процессе обработки, оказывают влияние не только на стойкость инструмента, но и на точность.

Несмотря на то, что количество теплоты воспринимаемое инструментом составляет от 3 до 5 % от общего количества теплоты, выделяемой в процессе резания, температура режущего лезвия составляет 1000 – 1200 градусов. Вклад температурных деформаций инструмента в погрешность обработки достаточно велик. Особенно важно учитывать температурные деформации при чистовой и отделочной обработке, поскольку в этом случае они соизмеримы с допусками на изготовление деталей. Зависимость температурных деформаций от времени работы или от пути резания не линейна. В начале работы температура инструмента и его тепловые деформации возрастают быстро, затем скорость изменения деформаций уменьшается, и с наступлением теплового равновесия они стабилизируются и становятся равными ξ_c (рис. 4.1).

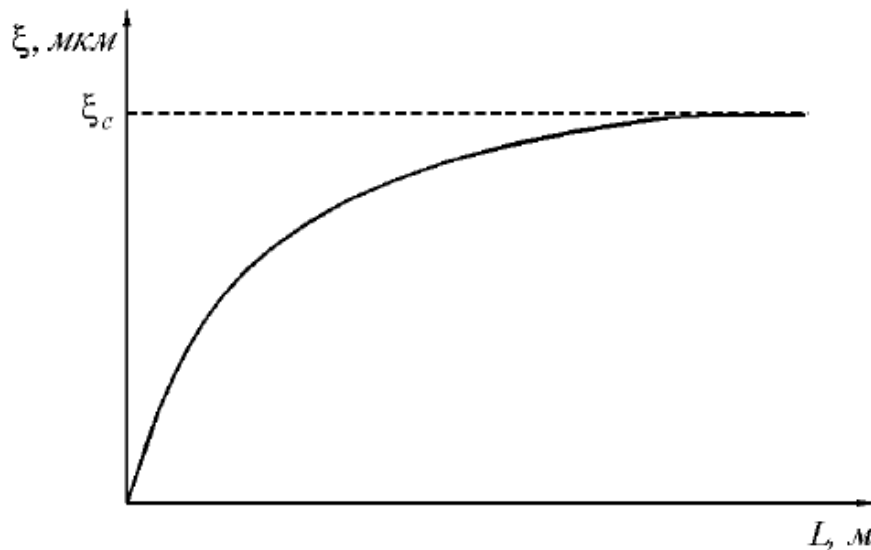


Рис. 4.1. Изменение температурных деформаций резца

Аналитически процесс изменения размеров резца под действием температурных деформаций в зависимости от времени работы τ имеет вид

$$\xi = \xi_c \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right), \quad (4.1)$$

где ξ_c - температурные деформации, соответствующие тепловому равновесию, мкм;

T – постоянная для данных условий величина, определяемая массой резца и теплофизическими свойствами материала резца, мин.

Максимальное удлинение резца с пластинкой твердого сплава при работе с режимами резания, соответствующими чистовой обработке без охлаждения, определяется по эмпирической формуле

$$\xi_c = C \frac{L}{F} \sigma_s (t \cdot S)^{0,75} \cdot \sqrt{V}, \text{ мкм}$$

где C – постоянная;

L – вылет резца, мм;

F – площадь сечения резца, мм²;

σ_s – предел прочности обрабатываемого материала, Мпа;

t – глубина резания, мм;

S – продольная подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин.

При $t \leq 1$ мм; $S \leq 0,2$ мм/об; $V = 100 - 200$ м/мин; $C = 0,45$.

Для уменьшения погрешности обработки, обусловленной температурными деформациями в ТС необходимо:

- применять оптимальные режимы обработки, способствующие уменьшению температуры в зоне резания;
- уменьшать температуру в зоне резания за счет изменения геометрических параметров режущего инструмента;
- уменьшать вылет инструмента и увеличивать его сечение, это позволяет улучшить отвод тепла;
- применять смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ);
- применять в особых случаях (при точной обработке ответственных деталей) термokonстантные помещения, температура в которых поддерживается в пределах $20 \pm 0,5$ градусов Цельсия;
- производить предварительный прогрев ТС с целью стабилизации температуры;
- осуществлять местный нагрев или охлаждение элементов ТС для выравнивания температурных полей;
- организовать ритмичную (циклическую) работу оборудования, позволяющую уменьшить диапазон изменения температуры.

В лабораторной работе величина теплового удлинения резца в зависимости от пути резания определяется путем фиксации величины его укорочения при остывании.

В формировании погрешности обработки участвуют не только температурные деформации инструмента, но и деформации прочих элементов ТС.

В частности, под действием температуры происходит смещение шпиндельных узлов. При этом температурные деформации шпинделей определяются, в основном, теплом, выделяющимся при работе подшипников и зубчатых передач. Температурные деформации элементов ТС оказывают наибольшее влияние на точность обработки при шлифовании. Так через полтора часа работы шпиндели бесцентровошлифовальных станков смещались на 0,10 – 0,13 мм, шпиндели круглошлифовальных - на 0,05 – 0,06 мм.

При обработке тонкостенных заготовок из-за ухудшенных условий отвода тепла происходят существенные температурные деформации заготовок.

Это приводит к искажению формы заготовки в продольном сечении, рис. 4.2. Величина температурных деформаций заготовки в некоторых случаях составляет 0,004 – 0,012 мм.

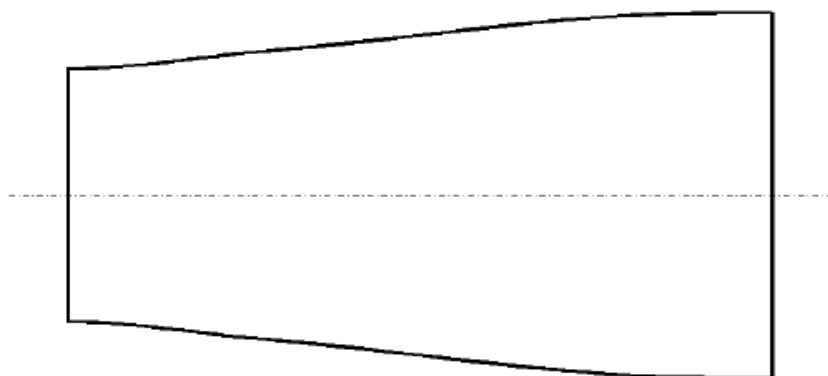


Рис. 4.2 – Искажение формы детали в продольном сечении из-за температурных деформаций заготовки

4.3 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется:

- 1) токарный станок 1К62;
- 2) цилиндрическая заготовка диаметром 40 – 50 мм, длиной 500 – 600 мм;
- 3) токарный проходной резец К.01.4979.000-02 Т15К6 ТУ 2-035-892-82;
- 4) индикаторная стойка с индикатором часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) измерить диаметр заготовки до обработки d ;
- 2) точить заготовку вала. Режимы обработки: скорость резания $V = 100 - 150$ м/мин, продольная подача $S = 0,1 - 0,2$ мм/об, глубина резания $t = 0,15$ мм, время обработки $\Theta_1 = 1$ мин;

3) выключить станок, быстро повернуть резцедержатель, ввести резец в контакт со щупом индикатора и измерить укорочение резца при его охлаждении до температуры окружающей среды;

4) определить укорочение резца после его работы в течение времени $\Theta = 3, 6, 10$ и 20 минут;

5) для последнего эксперимента ($\Theta = 20$ минут) зафиксировать величину укорочения в зависимости от времени остывания;

6) определить путь резания для всех моментов времени по формуле

$$l = V \cdot \Theta,$$

(скорость резания определить по фактическим режимам резания установленным на станке)

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

где n – частота вращения шпинделя мин^{-1} ;

7) построить в масштабе графики зависимости удлинения резца от пути резания зависимости укорочения резца от времени остывания. Определить по графику фактическое удлинение резца, соответствующее тепловому равновесию $\xi_{c_{\phi}}$;

8) вычислить расчетное удлинение резца для установившегося теплового равновесия ξ_c . Сопоставить фактическое и расчетное отклонение формы вала;

9) сделать вывод по работе.

4.4 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 6 должен содержать следующие разделы:

- 1) наименование и цель работы;
- 2) эскиз обрабатываемой заготовки;
- 3) режимы обработки, диаметр заготовки;
- 4) таблица экспериментальных данных (таблица 4.1);
- 5) таблица для построения зависимости укорочения резца от времени остывания (таблица 4.2);
- 6) график зависимости удлинения резца от пути резания;

Таблица 4.1

Удлинение резца

Время обработки, мин	Путь резания, м	Удлинение резца
1		
3		
6		
10		
20		

Таблица 4.2

Укорочение резца

Время остывания, мин	Укорочение резца, мкм
0	
0,5	
1	
3	
6	
10	

- 7) график зависимости укорочения резца от времени остывания;
- 8) фактическое и расчетное удлинение резца, соответствующее тепловому равновесию;
- 9) разность в процентах между фактическим и расчетным удлинением резца;
- 10) выводы по работе.

4.5 Вопросы для самопроверки

- 4.5.1 По какой причине появляются температурные деформации ТС?
- 4.5.2 Как изменяются температурные деформации резца в зависимости от времени работы?
- 4.5.3 От каких факторов зависит величина установившихся температурных деформаций?

4.5.4 Как уменьшить погрешность обработки, вызванную температурными деформациями?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ НАСТРОЙКИ СТАНКА НА РАЗМЕР

1.1 Основные положения

В серийном и массовом производствах обработка деталей производится на предварительно настроенных станках методом автоматического получения размеров. Установка режущего инструмента и упоров станка относительно настроечных баз с целью последующего получения требуемой точности обрабатываемых деталей, называется настройкой станка на размер.

Периодическая смена затупившегося инструмента вызывает необходимость каждый раз заново настраивать станок. При узких допусках на размер приходится делать одну или несколько поднастроек (регулировок) за время стойкости инструмента для компенсации размерного износа. В процессе каждой смены или регулировки режущего инструмента невозможно обеспечить его установку так, чтобы он занимал одинаковое и постоянное положение на станке. Для всей совокупности деталей, обработанных при многократной установке или регулировке инструмента на размер, имеет место **погрешность настройки**, определяемая полем рассеивания положений инструмента относительно настроечных баз. Для каждой отдельной настроечной партии деталей фактическая погрешность настройки представляет собой постоянную величину и определяется смещением центра поля допуска на данный размер.

Точность настройки расценивается таким значением фактической погрешности настройки, при котором все размеры данной настроечной партии деталей получаются в пределах допуска на размер.

На рис. 1.1 показаны два крайних положения кривой распределения погрешностей обработки в поле допуска при избыточной точности процесса обработки, то есть:

$$\delta > 6 \cdot \sigma,$$

где δ - допуск на получаемый размер;

σ - среднее квадратичное отклонение погрешности обработки для данного процесса обработки;

\bar{x}_1 и \bar{x}_2 – координаты центра группирования двух крайних положений кривой распределения относительно номинального значения размера;

Δ_0 – координата середины поля допуска относительно номинального значения размера, определяемая по формуле

$$\Delta_0 = \frac{BO + HO}{2},$$

где BO и HO – верхнее и нижнее предельные отклонения размера относительно номинала с учетом знаков;

$\Delta_{н.д.}$ – допускаемая величина смещения \bar{x} от Δ_0 , которая представляет собой допускаемую погрешность настройки инструмента на размер.

Из графика следует

$$\Delta_{н.д.} = \frac{\delta - 6 \cdot \sigma}{2}, \quad (1.1)$$

Фактическую величину погрешности настройки для каждой настроечной партии деталей ($\Delta_{н.ф.}$) определяют по формуле

$$\Delta_{н.ф.} = |x - \Delta_0|.$$

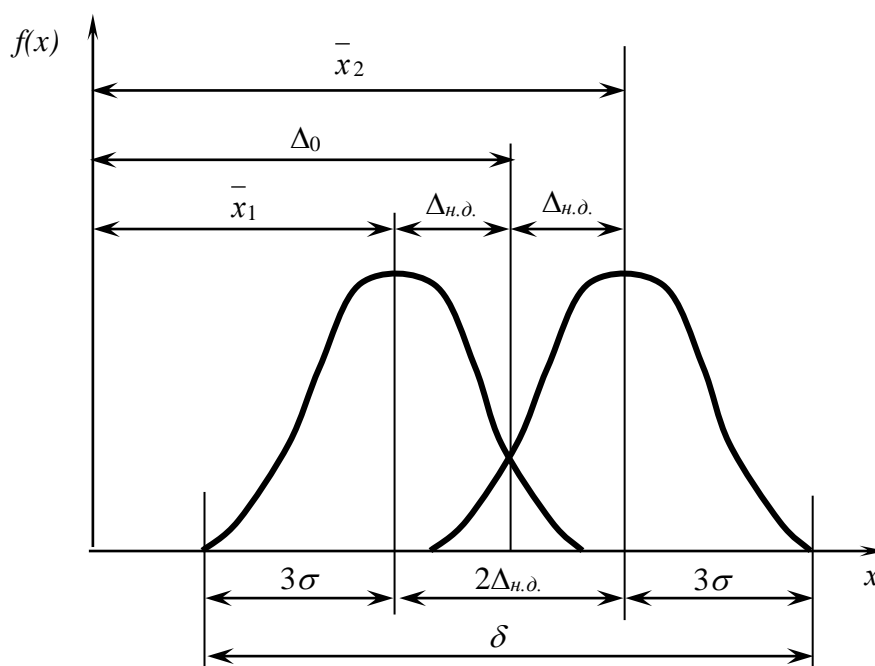


Рис. 1.1

Погрешность настройки для всей совокупности обрабатываемых деталей при многократной настройке станка на размер (Δ_n) можно выразить

полем рассеивания фактических величин погрешностей ($\Delta_{н.ф.}$) всех настроечных партий деталей

$$\Delta_n = \Delta_{н.ф. max} - \Delta_{н.ф. min}.$$

Тогда точность настройки можно характеризовать условием

$$\Delta_n \leq \Delta_{н.д.} \quad (1.2)$$

Погрешности настройки являются составными частями общей погрешности изготовления деталей, и зависит от применяемого метода настройки.

Существует два метода настройки станков на размер:

- а) по пробным деталям;
- б) по эталону (статическая настройка).

Метод настройки по пробным деталям заключается в том, что положение режущего инструмента и упоров, а также корректировка этого положения производится по результатам измерения пробных деталей, обработанных на настраиваемом станке. Количество пробных деталей принимают $n = 5 \div 10$ шт.

На основании данных по чертежу и с учетом точности процесса вначале определяют настроечный размер (A_n) и допуск на настройку ($\delta_n = \Delta_{н.д.}$). затем после предварительной настройки режущего инструмента на размер, близкий к настроечному, обрабатывают пробные детали и вычисляют средний арифметический размер ($A_{ср.}$). Если $A_{ср.}$ будет лежать внутри пределов $A_n \pm \delta_n$, то есть

$$A_n - \delta_n \leq A_{ср.} \leq A_n + \delta_n,$$

то настройка считается правильной. Если указанное условие не соблюдается, то необходимо провести дополнительную корректировку и заново повторить обработку пробных деталей.

Для данного метода настройки станка при многократной установке или регулировании инструмента на размер, погрешность настройки определяется по формуле

$$\Delta_n = 2k \sqrt{\Delta_{изм} + \Delta_{рег} + \Delta_{расч}}, \quad (1.3)$$

где $\Delta_{изм}$ – погрешность измерения пробных деталей (определяется по таблицам);

$\Delta_{рег}$ – погрешность установки (регулирования) режущего инструмента относительно настроечных баз. Для каждого конкретного случая определяется опытным путем.

$\Delta_{расч}$ – погрешность самого метода расчета величины настроечного размера.

$$\Delta_{расч} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где σ - среднее квадратичное отклонение случайных погрешностей обработки для данного конкретного процесса.

Определение σ по $n = 5 \div 10$ пробным деталям весьма недостоверно, поэтому желательно брать значение σ согласно имеющегося статанализа по большим выборкам.

k – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения составляющих погрешностей от нормального закона. Для расчетов принимаем $k = 1 \div 1,2$.

Метод настройки по эталону заключается в установке режущих инструментов или упоров станка по эталонам (габаритам, установам) на неподвижном станке.

Для станков токарной группы эталон представляет собой образец детали, изготовленной из закаленной стали с размерами несколько отличными от заданных на чертеже обрабатываемой детали. Для станков фрезерной группы в установочно-зажимных приспособлениях предусматриваются специальные настроечные элементы (габариты, установы), по которым с помощью щупов устанавливаются инструменты на необходимый размер обработки. Расчет размеров эталона (габарита, установка) можно производить аналитическим или статистическим методами. В обоих случаях, вначале определяют предварительный размер эталона ($A'_э$). Настроечный размер эталона ($A_э$) должен быть равен

$$A_э = A'_э - \Delta_{нопр},$$

где $\Delta_{нопр}$ – поправка, учитывающая погрешности, возникающие под воздействием различных факторов, и характеризующая точность механической обработки на данном станке.

При применении щупа настроечный размер эталона (A_9) должен быть уменьшен на величину, равную толщине щупа при односторонней обработке, а при двухсторонней обработке – на двойную толщину щупа.

Настройка по данному методу не обеспечивает высокой точности (обычно не выше 7-го квалитета точности). Причинами недостаточной точности являются погрешности установки и закрепления инструмента, а также погрешность изготовления эталона.

$$\Delta_n = 2 \cdot k \sqrt{\Delta_{изг.эт.}^2 + \Delta_{уст.инст.}^2}, \quad (1.4)$$

где Δ_n – погрешность настройки;

$\Delta_{изг.эт.}$ – погрешность изготовления эталона (принимают в пределах $10 \div 20$ мкм);

$\Delta_{уст.инст.}$ – погрешность установки инструмента (определяется опытным путем);

k – коэффициент такой же, что применен в формуле (1.3).

Из анализа изложенного материала следует, что для обоих методов настройки станка на размер, погрешность настройки представляет собой разность между наибольшим и наименьшим настроечными размерами. Эта величина включает несколько составляющих. Одной из существующих составляющих является погрешность установки (регулирования) инструмента или упора станка на размер.

Целевое назначение настоящей работы сводится к изучению погрешности настройки станка на размер по указанным двум методам применительно к токарным станкам в лабораторных условиях.

1.2 Задачи работы

1) Определение погрешности установки (регулирования) резца опытным путем на токарном станке по лимбу, индикатору, эталону и щупу, жесткому упору.

2) Расчет погрешности настройки станка по указанным в п. 1 способам установки резца на размер.

3) Расчет допускаемой величины погрешности настройки применительно к токарному станку для выполнения обработки с допуском на вы-

держиваемый размер $\delta = 0,1 \div 0,2$ мм и проверка условий точности настройки по изучаемым способам установки инструмента на размер.

1.3 Определение погрешности установки (регулирования) инструмента на размер

Погрешность установки инструмента по каждому исследуемому методу определяется с помощью контрольного индикатора с ценой деления 0,001 мм, установленного позади суппорта токарного станка (рис. 1.2а).

Установка инструмента в заданное положение производится 10 раз. При первом измерении шкала индикатора устанавливается на нулевое показание. При последующих измерениях стрелку индикатора фиксируют с учетом знака отклонения от нулевого положения.

Погрешность установки (регулирования) инструмента на размер при малом количестве замеров можно рассчитать размахом полученных величин

$$\Delta_{\text{рег}} \approx \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}},$$

где Δ_{max} – наибольшее (положительное) отклонение;

Δ_{min} – наименьшее (отрицательное) отклонение.

1.3.1 Погрешность установки резца по лимбу (рис. 1.2а).

В начале работы любое деление лимба принимают за начало отсчета, предварительно выбрав зазор в винтовой паре. Затем вводят в контакт с поперечным суппортом контрольный индикатор. Шкалу индикатора устанавливают на ноль. Далее отводят поперечный суппорт «на себя» и затем снова устанавливают суппорт по принятому делению лимба в заданное положение. Смещение суппорта от заданного положения фиксируется с учетом знака в бланке отчета.

1.3.2 Погрешность установки резца по индикатору (рис. 1.2б).

Настроечный (рабочий) индикатор с ценой деления 0,01 мм устанавливается на станине станка, а контрольный индикатор – сзади поперечного суппорта. При первом изменении шкалы обоих индикаторов устанавливают на ноль. После этого отводят суппорт «на себя» и затем его устанавливают по рабочему индикатору в прежнее положение. Смещение от перво-

начального положения фиксируется с помощью контрольного индикатора, и значение записывается в бланке отчета.

1.3.3 Погрешность установки резца на размер по эталону с применением щупа (рис. 1.3а).

К установленному в центрах эталону подводится резец и между ними пропускается щуп. Толщина щупа берется произвольно в пределах $0,05 \div 0,3$ мм. Критерием правильности установки резца служит незначительное усилие («закусывание») щупа при его протягивании. Отклонение от первоначального положения суппорта измеряется с помощью контрольного индикатора и значение записывается в бланке отчета.

1.3.4 Погрешность установки резца по жесткому упору (рис 1.3б).

Поперечный суппорт подводится к упору, закрепленному на каретке. При этом шкала контрольного индикатора устанавливается на ноль. При последующих отводах и подводах суппорта к упору фиксируется смещение суппорта относительно первоначального положения и данные заносятся в бланк отчета.

По результатам вышеуказанных экспериментов определяются погрешности установки (регулирования) положения инструмента для рассмотренных способов установки: по лимбу – $\Delta_{\text{л}}$, индикатору – $\Delta_{\text{инд}}$, эталону и щупу – $\Delta_{\text{э}}$ и жесткому упору – $\Delta_{\text{уп}}$. Полученные данные занести в бланк отчета.

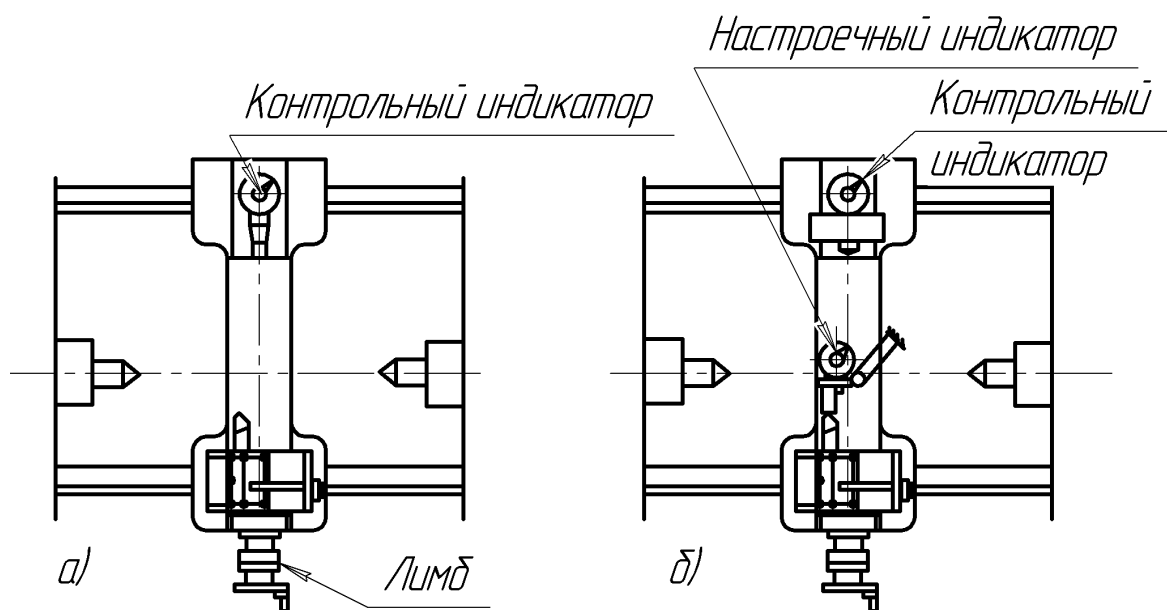


Рис. 1.2

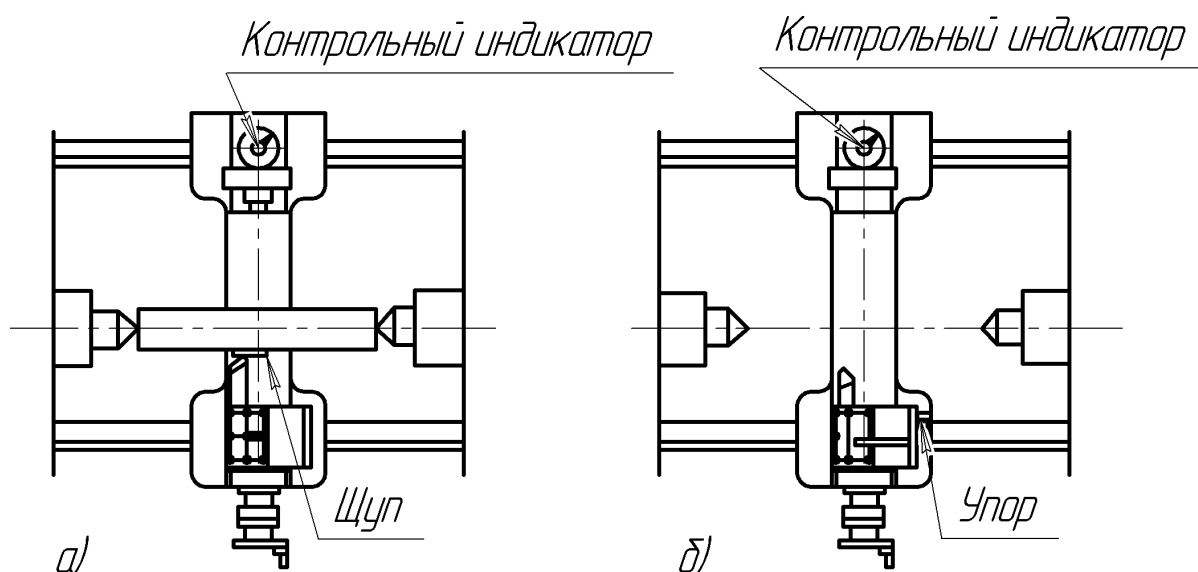


Рис. 1.3

1.4 Расчет погрешности настройки станка на размер

Погрешность настройки станка на размер, при установке (регулировании) положения инструмента по исследуемым способам, можно определить, в зависимости от метода настройки по соответствующим формулам (1.3) и (1.4).

Способы установки (регулирования) инструмента по лимбу и индикатору применяются при настройке станков на размер методом пробных деталей, поэтому Δ_n определяется по формуле (1.3). Для данного метода погрешность измерения размеров $\varnothing 50 \div 80$ мм микрометром 1-го класса точности – $\Delta_{изм} = 10\text{мкм}$. При определении $\Delta_{расч}$ значение σ берется на основании предварительных данных статанализа для применяемого процесса обработки (студенты берут известное значение σ).

Установка инструмента на размер по эталону и щупу относится к методу настройки по эталону, поэтому расчет Δ_n должен производиться по формуле (1.4). Погрешность изготовления эталона можно принимать равной: $\Delta_{изг.эт} = 10\text{мкм}$.

Значение коэффициента « k » для обоих методов настройки можно брать равным $k = 1,2$.

Способ установки резца по жесткому упору позволяет выявить погрешности настройки, возникающие от многократного отвода и подвода предварительно настроенного на размер инструмента. В этом случае

погрешность установки инструмента относится к одной настроечной партии деталей и в качестве погрешности настройки следует брать значение $\Delta_{уп}$, рассчитанного по данным п.1.3.4 раздела 1.

Полученные результаты расчетов следует заносить в бланк отчета.

1.5 Расчет допускаемой величины погрешности настройки и проверка условий точности настройки

Допускаемая величина погрешности настройки – $\Delta_{н.д.}$ определяется по формуле (1.1). При этом, допуск на выдерживаемый размер принимается равным $\sigma = 0,1\text{мм}$. Значение σ берется по данным раздела 2.

Затем, полученные значения Δ_n , для рассмотренных способов установки инструмента, проверяют с позиции точности настройки. Настройка считается правильной, если подтверждается условие $\Delta_n \leq \Delta_{н.д.}$, и неправильной, если данное условия не подтверждается.

Полученные результаты анализа записываются в бланке отчета.

1.6 Вопросы для самопроверки

1.6.1 Как повысить точность настройки?

1.6.2 Какие факторы настройки влияют на точность расположения режущего инструмента на размер?

1.6.3 Какие применяются методы настройки режущих инструментов на размер?

1.6.4 Как осуществляется настройка режущих инструментов с использованием эталонов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА

1.1 Основные положения

В серийном и массовом производствах обработка деталей производится на предварительно настроенных станках методом автоматического получения размеров. Установка режущего инструмента и упоров станка относительно настроечных баз с целью последующего получения требуемой точности обрабатываемых деталей, называется настройкой станка на размер.

Периодическая смена затупившегося инструмента вызывает необходимость каждый раз заново настраивать станок. При узких допусках на размер приходится делать одну или несколько поднастроек (регулировок) за время стойкости инструмента для компенсации размерного износа. В процессе каждой смены или регулировки режущего инструмента невозможно обеспечить его установку так, чтобы он занимал одинаковое и постоянное положение на станке. Для всей совокупности деталей, обработанных при многократной установке или регулировке инструмента на размер, имеет место **погрешность настройки**, определяемая полем рассеивания положений инструмента относительно настроечных баз. Для каждой отдельной настроечной партии деталей фактическая погрешность настройки представляет собой постоянную величину и определяется смещением центра поля допуска на данный размер.

Точность настройки расценивается таким значением фактической погрешности настройки, при котором все размеры данной настроечной партии деталей получаются в пределах допуска на размер.

На рис. 1.1 показаны два крайних положения кривой распределения погрешностей обработки в поле допуска при избыточной точности процесса обработки, то есть:

$$\delta > 6 \cdot \sigma,$$

где δ - допуск на получаемый размер;

σ - среднее квадратичное отклонение погрешности обработки для данного процесса обработки;

\bar{x}_1 и \bar{x}_2 - координаты центра группирования двух крайних положений кривой распределения относительно номинального значения размера;

Δ_0 – координата середины поля допуска относительно номинального значения размера, определяемая по формуле

$$\Delta_0 = \frac{BO + HO}{2},$$

где BO и HO – верхнее и нижнее предельные отклонения размера относительно номинала с учетом знаков;

$\Delta_{н.д.}$ – допускаемая величина смещения \bar{x} от Δ_0 , которая представляет собой допускаемую погрешность настройки инструмента на размер.

Из графика следует

$$\Delta_{н.д.} = \frac{\delta - 6 \cdot \sigma}{2}, \quad (1.1)$$

Фактическую величину погрешности настройки для каждой настроечной партии деталей ($\Delta_{н.ф.}$) определяют по формуле

$$\Delta_{н.ф.} = |x - \Delta_0|.$$

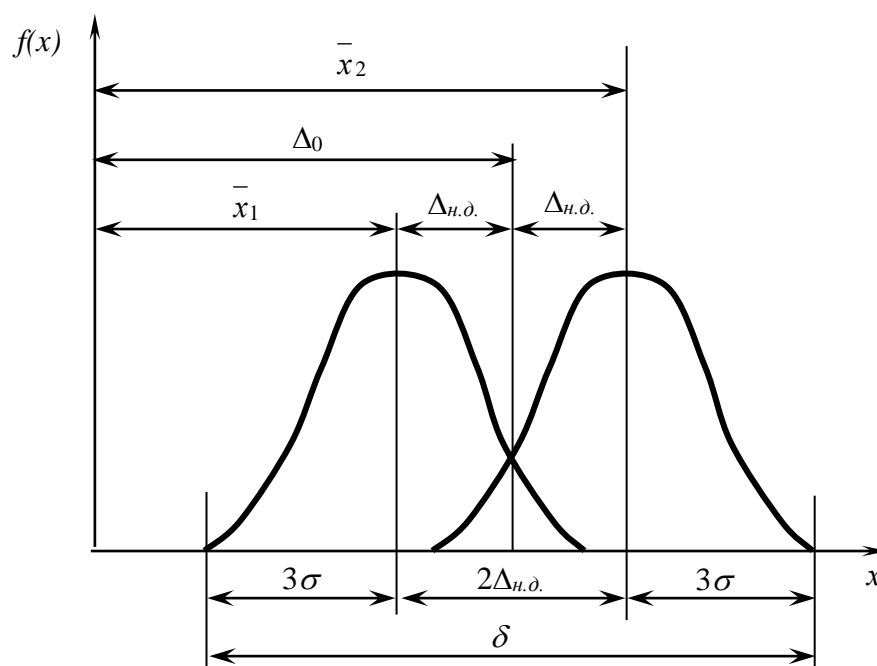


Рис. 1.1

Погрешность настройки для всей совокупности обрабатываемых деталей при многократной настройке станка на размер (Δ_n) можно выразить

полем рассеивания фактических величин погрешностей ($\Delta_{н.ф.}$) всех настроечных партий деталей

$$\Delta_n = \Delta_{н.ф. max} - \Delta_{н.ф. min}.$$

Тогда точность настройки можно характеризовать условием

$$\Delta_n \leq \Delta_{н.д.} \quad (1.2)$$

Погрешности настройки являются составными частями общей погрешности изготовления деталей, и зависит от применяемого метода настройки.

Существует два метода настройки станков на размер:

- а) по пробным деталям;
- б) по эталону (статическая настройка).

Метод настройки по пробным деталям заключается в том, что положение режущего инструмента и упоров, а также корректировка этого положения производится по результатам измерения пробных деталей, обработанных на настраиваемом станке. Количество пробных деталей принимают $n = 5 \div 10$ шт.

На основании данных по чертежу и с учетом точности процесса вначале определяют настроечный размер (A_n) и допуск на настройку ($\delta_n = \Delta_{н.д.}$). затем после предварительной настройки режущего инструмента на размер, близкий к настроечному, обрабатывают пробные детали и вычисляют средний арифметический размер ($A_{ср.}$). Если $A_{ср.}$ будет лежать внутри пределов $A_n \pm \delta_n$, то есть

$$A_n - \delta_n \leq A_{ср.} \leq A_n + \delta_n,$$

то настройка считается правильной. Если указанное условие не соблюдается, то необходимо провести дополнительную корректировку и заново повторить обработку пробных деталей.

Для данного метода настройки станка при многократной установке или регулировании инструмента на размер, погрешность настройки определяется по формуле

$$\Delta_n = 2k \sqrt{\Delta_{изм} + \Delta_{рег} + \Delta_{расч}}, \quad (1.3)$$

где $\Delta_{изм}$ – погрешность измерения пробных деталей (определяется по таблицам);

$\Delta_{рег}$ – погрешность установки (регулирования) режущего инструмента относительно настроечных баз. Для каждого конкретного случая определяется опытным путем.

$\Delta_{расч}$ – погрешность самого метода расчета величины настроечного размера.

$$\Delta_{расч} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где σ - среднее квадратичное отклонение случайных погрешностей обработки для данного конкретного процесса.

Определение σ по $n = 5 \div 10$ пробным деталям весьма недостоверно, поэтому желательно брать значение σ согласно имеющегося статанализа по большим выборкам.

k – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения составляющих погрешностей от нормального закона. Для расчетов принимаем $k = 1 \div 1,2$.

Метод настройки по эталону заключается в установке режущих инструментов или упоров станка по эталонам (габаритам, установам) на неподвижном станке.

Для станков токарной группы эталон представляет собой образец детали, изготовленной из закаленной стали с размерами несколько отличными от заданных на чертеже обрабатываемой детали. Для станков фрезерной группы в установочно-зажимных приспособлениях предусматриваются специальные настроечные элементы (габариты, установы), по которым с помощью щупов устанавливаются инструменты на необходимый размер обработки. Расчет размеров эталона (габарита, установка) можно производить аналитическим или статистическим методами. В обоих случаях, вначале определяют предварительный размер эталона ($A'_э$). Настроечный размер эталона ($A_э$) должен быть равен

$$A_э = A'_э - \Delta_{нопр},$$

где $\Delta_{нопр}$ – поправка, учитывающая погрешности, возникающие под воздействием различных факторов, и характеризующая точность механической обработки на данном станке.

При применении щупа настроечный размер эталона (A_9) должен быть уменьшен на величину, равную толщине щупа при односторонней обработке, а при двухсторонней обработке – на двойную толщину щупа.

Настройка по данному методу не обеспечивает высокой точности (обычно не выше 7-го квалитета точности). Причинами недостаточной точности являются погрешности установки и закрепления инструмента, а также погрешность изготовления эталона.

$$\Delta_n = 2 \cdot k \sqrt{\Delta_{изг.эт.}^2 + \Delta_{уст.инст.}^2}, \quad (1.4)$$

где Δ_n – погрешность настройки;

$\Delta_{изг.эт.}$ – погрешность изготовления эталона (принимают в пределах $10 \div 20$ мкм);

$\Delta_{уст.инст.}$ – погрешность установки инструмента (определяется опытным путем);

k – коэффициент такой же, что применен в формуле (1.3).

Из анализа изложенного материала следует, что для обоих методов настройки станка на размер, погрешность настройки представляет собой разность между наибольшим и наименьшим настроечными размерами. Эта величина включает несколько составляющих. Одной из существующих составляющих является погрешность установки (регулирования) инструмента или упора станка на размер.

Целевое назначение настоящей работы сводится к изучению погрешности настройки станка на размер по указанным двум методам применительно к токарным станкам в лабораторных условиях.

1.2 Задачи работы

1) Определение погрешности установки (регулирования) резца опытным путем на токарном станке по лимбу, индикатору, эталону и щупу, жесткому упору.

2) Расчет погрешности настройки станка по указанным в п. 1 способам установки резца на размер.

3) Расчет допускаемой величины погрешности настройки применительно к токарному станку для выполнения обработки с допуском на вы-

держиваемый размер $\delta = 0,1 \div 0,2$ мм и проверка условий точности настройки по изучаемым способам установки инструмента на размер.

1.3 Определение погрешности установки (регулирования) инструмента на размер

Погрешность установки инструмента по каждому исследуемому методу определяется с помощью контрольного индикатора с ценой деления 0,001 мм, установленного позади суппорта токарного станка (рис. 1.2а).

Установка инструмента в заданное положение производится 10 раз. При первом измерении шкала индикатора устанавливается на нулевое показание. При последующих измерениях стрелку индикатора фиксируют с учетом знака отклонения от нулевого положения.

Погрешность установки (регулирования) инструмента на размер при малом количестве замеров можно рассчитать размахом полученных величин

$$\Delta_{\text{рег}} \approx \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}},$$

где Δ_{max} – наибольшее (положительное) отклонение;

Δ_{min} – наименьшее (отрицательное) отклонение.

1.3.1 Погрешность установки резца по лимбу (рис. 1.2а).

В начале работы любое деление лимба принимают за начало отсчета, предварительно выбрав зазор в винтовой паре. Затем вводят в контакт с поперечным суппортом контрольный индикатор. Шкалу индикатора устанавливают на ноль. Далее отводят поперечный суппорт «на себя» и затем снова устанавливают суппорт по принятому делению лимба в заданное положение. Смещение суппорта от заданного положения фиксируется с учетом знака в бланке отчета.

1.3.2 Погрешность установки резца по индикатору (рис. 1.2б).

Настроечный (рабочий) индикатор с ценой деления 0,01 мм устанавливается на станине станка, а контрольный индикатор – сзади поперечного суппорта. При первом изменении шкалы обоих индикаторов устанавливают на ноль. После этого отводят суппорт «на себя» и затем его устанавливают по рабочему индикатору в прежнее положение. Смещение от перво-

начального положения фиксируется с помощью контрольного индикатора, и значение записывается в бланке отчета.

1.3.3 Погрешность установки резца на размер по эталону с применением щупа (рис. 1.3а).

К установленному в центрах эталону подводится резец и между ними пропускается щуп. Толщина щупа берется произвольно в пределах $0,05 \div 0,3$ мм. Критерием правильности установки резца служит незначительное усилие («закусывание») щупа при его протягивании. Отклонение от первоначального положения суппорта измеряется с помощью контрольного индикатора и значение записывается в бланке отчета.

1.3.4 Погрешность установки резца по жесткому упору (рис 1.3б).

Поперечный суппорт подводится к упору, закрепленному на каретке. При этом шкала контрольного индикатора устанавливается на ноль. При последующих отводах и подводах суппорта к упору фиксируется смещение суппорта относительно первоначального положения и данные заносятся в бланк отчета.

По результатам вышеуказанных экспериментов определяются погрешности установки (регулирования) положения инструмента для рассмотренных способов установки: по лимбу – Δ_l , индикатору – $\Delta_{инд}$, эталону и щупу – Δ_ω и жесткому упору – $\Delta_{уп}$. Полученные данные занести в бланк отчета.

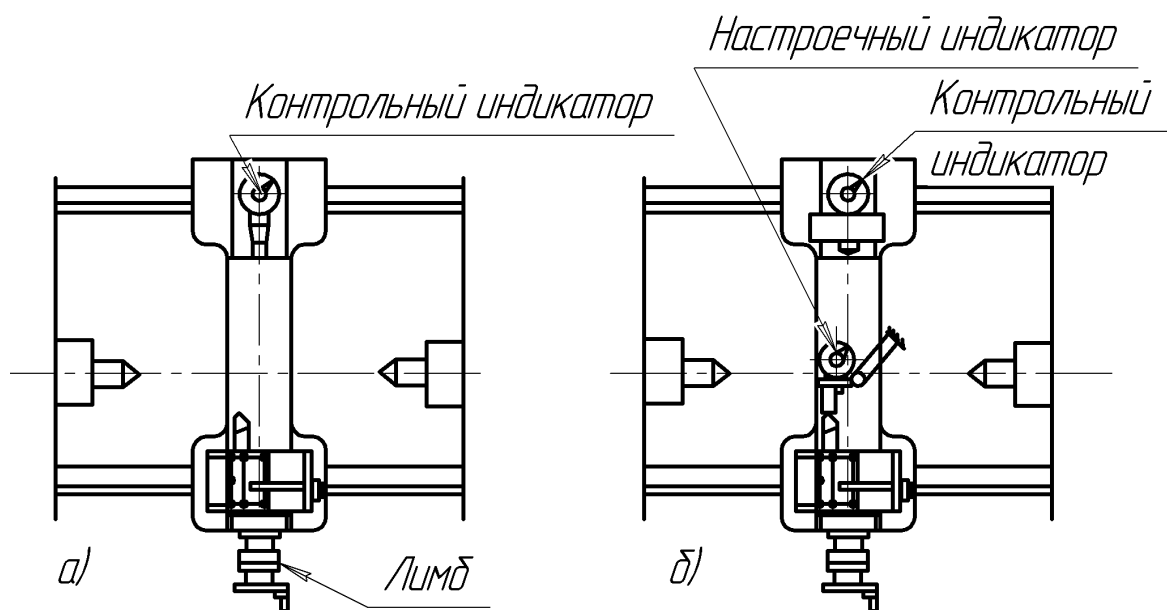


Рис. 1.2

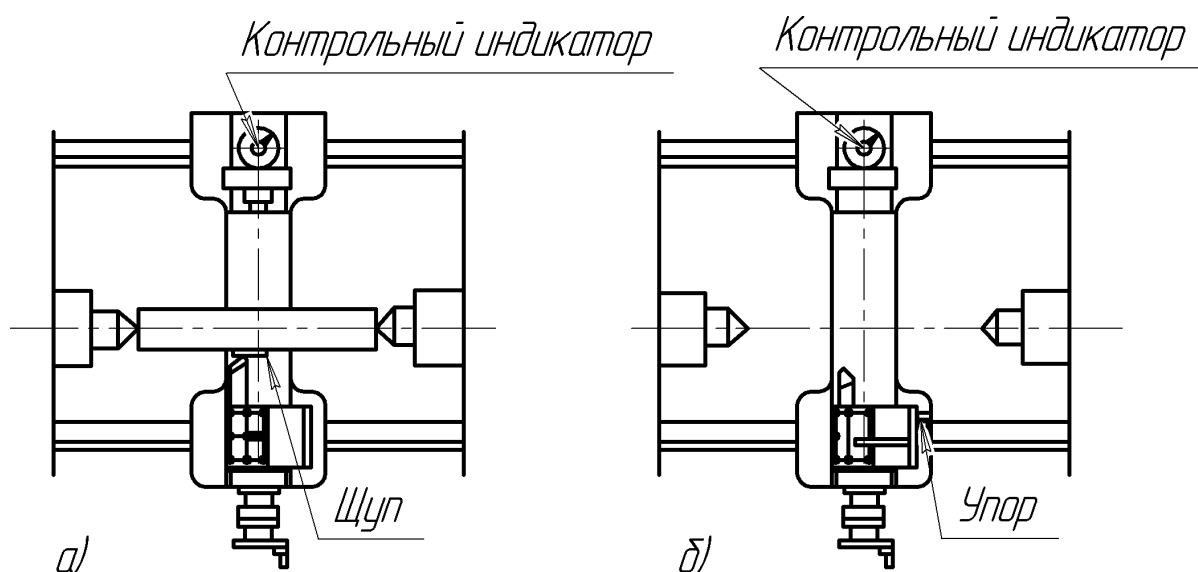


Рис. 1.3

1.4 Расчет погрешности настройки станка на размер

Погрешность настройки станка на размер, при установке (регулировании) положения инструмента по исследуемым способам, можно определить, в зависимости от метода настройки по соответствующим формулам (1.3) и (1.4).

Способы установки (регулирования) инструмента по лимбу и индикатору применяются при настройке станков на размер методом пробных деталей, поэтому Δ_n определяется по формуле (1.3). Для данного метода погрешность измерения размеров $\varnothing 50 \div 80$ мм микрометром 1-го класса точности – $\Delta_{изм} = 10\text{мкм}$. При определении $\Delta_{расч}$ значение σ берется на основании предварительных данных статанализа для применяемого процесса обработки (студенты берут известное значение σ).

Установка инструмента на размер по эталону и щупу относится к методу настройки по эталону, поэтому расчет Δ_n должен производиться по формуле (1.4). Погрешность изготовления эталона можно принимать равной: $\Delta_{изг.эт} = 10\text{мкм}$.

Значение коэффициента « k » для обоих методов настройки можно брать равным $k = 1,2$.

Способ установки резца по жесткому упору позволяет выявить погрешности настройки, возникающие от многократного отвода и подвода предварительно настроенного на размер инструмента. В этом случае по-

грешность установки инструмента относится к одной настроечной партии деталей и в качестве погрешности настройки следует брать значение $\Delta_{уп}$, рассчитанного по данным п.1.3.4 раздела 1.

Полученные результаты расчетов следует заносить в бланк отчета.

1.5 Расчет допускаемой величины погрешности настройки и проверка условий точности настройки

Допускаемая величина погрешности настройки – $\Delta_{н.д.}$ определяется по формуле (1.1). При этом, допуск на выдерживаемый размер принимается равным $\sigma = 0,1\text{мм}$. Значение σ берется по данным раздела 2.

Затем, полученные значения Δ_n , для рассмотренных способов установки инструмента, проверяют с позиции точности настройки. Настройка считается правильной, если подтверждается условие $\Delta_n \leq \Delta_{н.д.}$, и неправильной, если данное условия не подтверждается.

Полученные результаты анализа записываются в бланке отчета.

1.6 Вопросы для самопроверки

1.6.1 Как повысить точность настройки?

1.6.2 Какие факторы настройки влияют на точность расположения режущего инструмента на размер?

1.6.3 Какие применяются методы настройки режущих инструментов на размер?

1.6.4 Как осуществляется настройка режущих инструментов с использованием эталонов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

ПАСПОРТИЗАЦИЯ СТАНКА

1.1 Основные положения

В серийном и массовом производствах обработка деталей производится на предварительно настроенных станках методом автоматического получения размеров. Установка режущего инструмента и упоров станка относительно настроечных баз с целью последующего получения требуемой точности обрабатываемых деталей, называется настройкой станка на размер.

Периодическая смена затупившегося инструмента вызывает необходимость каждый раз заново настраивать станок. При узких допусках на размер приходится делать одну или несколько поднастроек (регулировок) за время стойкости инструмента для компенсации размерного износа. В процессе каждой смены или регулировки режущего инструмента невозможно обеспечить его установку так, чтобы он занимал одинаковое и постоянное положение на станке. Для всей совокупности деталей, обработанных при многократной установке или регулировке инструмента на размер, имеет место **погрешность настройки**, определяемая полем рассеивания положений инструмента относительно настроечных баз. Для каждой отдельной настроечной партии деталей фактическая погрешность настройки представляет собой постоянную величину и определяется смещением центра поля допуска на данный размер.

Точность настройки расценивается таким значением фактической погрешности настройки, при котором все размеры данной настроечной партии деталей получаются в пределах допуска на размер.

На рис. 1.1 показаны два крайних положения кривой распределения погрешностей обработки в поле допуска при избыточной точности процесса обработки, то есть:

$$\delta > 6 \cdot \sigma,$$

где δ - допуск на получаемый размер;

σ - среднее квадратичное отклонение погрешности обработки для данного процесса обработки;

\bar{x}_1 и \bar{x}_2 – координаты центра группирования двух крайних положений кривой распределения относительно номинального значения размера;

Δ_0 – координата середины поля допуска относительно номинального значения размера, определяемая по формуле

$$\Delta_0 = \frac{BO + HO}{2},$$

где BO и HO – верхнее и нижнее предельные отклонения размера относительно номинала с учетом знаков;

$\Delta_{н.д.}$ – допускаемая величина смещения \bar{x} от Δ_0 , которая представляет собой допускаемую погрешность настройки инструмента на размер.

Из графика следует

$$\Delta_{н.д.} = \frac{\delta - 6 \cdot \sigma}{2}, \quad (1.1)$$

Фактическую величину погрешности настройки для каждой настроечной партии деталей ($\Delta_{н.ф.}$) определяют по формуле

$$\Delta_{н.ф.} = |x - \Delta_0|.$$

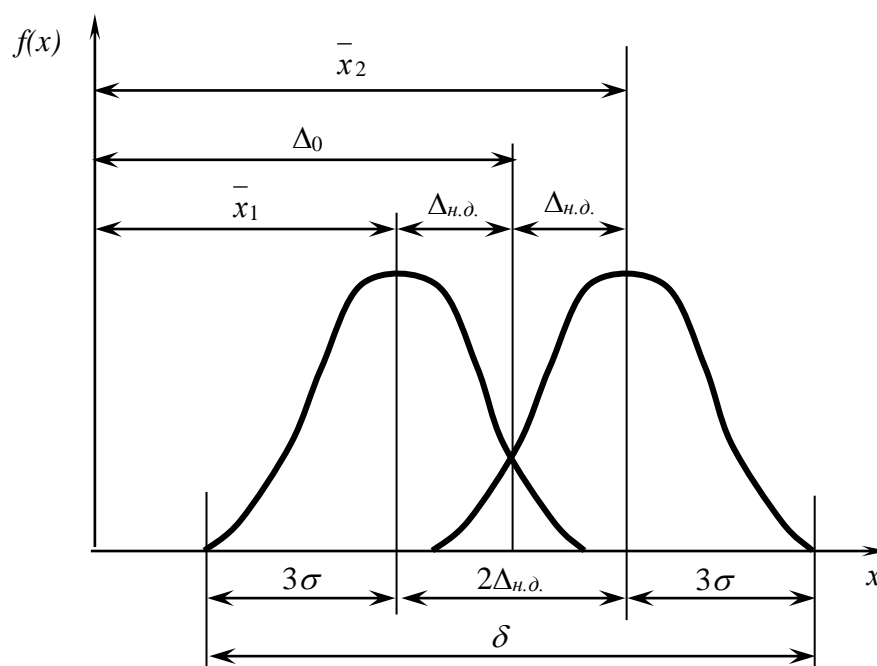


Рис. 1.1

Погрешность настройки для всей совокупности обрабатываемых деталей при многократной настройке станка на размер (Δ_n) можно выразить

полем рассеивания фактических величин погрешностей ($\Delta_{н.ф.}$) всех настроечных партий деталей

$$\Delta_n = \Delta_{н.ф. max} - \Delta_{н.ф. min}.$$

Тогда точность настройки можно характеризовать условием

$$\Delta_n \leq \Delta_{н.д.} \quad (1.2)$$

Погрешности настройки являются составными частями общей погрешности изготовления деталей, и зависит от применяемого метода настройки.

Существует два метода настройки станков на размер:

- а) по пробным деталям;
- б) по эталону (статическая настройка).

Метод настройки по пробным деталям заключается в том, что положение режущего инструмента и упоров, а также корректировка этого положения производится по результатам измерения пробных деталей, обработанных на настраиваемом станке. Количество пробных деталей принимают $n = 5 \div 10$ шт.

На основании данных по чертежу и с учетом точности процесса вначале определяют настроечный размер (A_n) и допуск на настройку ($\delta_n = \Delta_{н.д.}$). затем после предварительной настройки режущего инструмента на размер, близкий к настроечному, обрабатывают пробные детали и вычисляют средний арифметический размер ($A_{ср.}$). Если $A_{ср.}$ будет лежать внутри пределов $A_n \pm \delta_n$, то есть

$$A_n - \delta_n \leq A_{ср.} \leq A_n + \delta_n,$$

то настройка считается правильной. Если указанное условие не соблюдается, то необходимо провести дополнительную корректировку и заново повторить обработку пробных деталей.

Для данного метода настройки станка при многократной установке или регулировании инструмента на размер, погрешность настройки определяется по формуле

$$\Delta_n = 2k \sqrt{\Delta_{изм} + \Delta_{рег} + \Delta_{расч}}, \quad (1.3)$$

где $\Delta_{изм}$ – погрешность измерения пробных деталей (определяется по таблицам);

$\Delta_{рег}$ – погрешность установки (регулирования) режущего инструмента относительно настроечных баз. Для каждого конкретного случая определяется опытным путем.

$\Delta_{расч}$ – погрешность самого метода расчета величины настроечного размера.

$$\Delta_{расч} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где σ - среднее квадратичное отклонение случайных погрешностей обработки для данного конкретного процесса.

Определение σ по $n = 5 \div 10$ пробным деталям весьма недостоверно, поэтому желательно брать значение σ согласно имеющегося статанализа по большим выборкам.

k – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения составляющих погрешностей от нормального закона. Для расчетов принимаем $k = 1 \div 1,2$.

Метод настройки по эталону заключается в установке режущих инструментов или упоров станка по эталонам (габаритам, установам) на неподвижном станке.

Для станков токарной группы эталон представляет собой образец детали, изготовленной из закаленной стали с размерами несколько отличными от заданных на чертеже обрабатываемой детали. Для станков фрезерной группы в установочно-зажимных приспособлениях предусматриваются специальные настроечные элементы (габариты, установы), по которым с помощью щупов устанавливаются инструменты на необходимый размер обработки. Расчет размеров эталона (габарита, установка) можно производить аналитическим или статистическим методами. В обоих случаях, вначале определяют предварительный размер эталона (A'_s). Настроечный размер эталона (A_s) должен быть равен

$$A_s = A'_s - \Delta_{нопр},$$

где $\Delta_{нопр}$ – поправка, учитывающая погрешности, возникающие под воздействием различных факторов, и характеризующая точность механической обработки на данном станке.

При применении щупа настроечный размер эталона (A_9) должен быть уменьшен на величину, равную толщине щупа при односторонней обработке, а при двухсторонней обработке – на двойную толщину щупа.

Настройка по данному методу не обеспечивает высокой точности (обычно не выше 7-го качества точности). Причинами недостаточной точности являются погрешности установки и закрепления инструмента, а также погрешность изготовления эталона.

$$\Delta_n = 2 \cdot k \sqrt{\Delta_{изг.эт.}^2 + \Delta_{уст.инст.}^2}, \quad (1.4)$$

где Δ_n – погрешность настройки;

$\Delta_{изг.эт.}$ – погрешность изготовления эталона (принимают в пределах $10 \div 20$ мкм);

$\Delta_{уст.инст.}$ – погрешность установки инструмента (определяется опытным путем);

k – коэффициент такой же, что применен в формуле (1.3).

Из анализа изложенного материала следует, что для обоих методов настройки станка на размер, погрешность настройки представляет собой разность между наибольшим и наименьшим настроечными размерами. Эта величина включает несколько составляющих. Одной из существующих составляющих является погрешность установки (регулирования) инструмента или упора станка на размер.

Целевое назначение настоящей работы сводится к изучению погрешности настройки станка на размер по указанным двум методам применительно к токарным станкам в лабораторных условиях.

1.2 Задачи работы

1) Определение погрешности установки (регулирования) резца опытным путем на токарном станке по лимбу, индикатору, эталону и щупу, жесткому упору.

2) Расчет погрешности настройки станка по указанным в п. 1 способам установки резца на размер.

3) Расчет допускаемой величины погрешности настройки применительно к токарному станку для выполнения обработки с допуском на вы-

держиваемый размер $\delta = 0,1 \div 0,2$ мм и проверка условий точности настройки по изучаемым способам установки инструмента на размер.

1.3 Определение погрешности установки (регулирования) инструмента на размер

Погрешность установки инструмента по каждому исследуемому методу определяется с помощью контрольного индикатора с ценой деления 0,001 мм, установленного позади суппорта токарного станка (рис. 1.2а).

Установка инструмента в заданное положение производится 10 раз. При первом измерении шкала индикатора устанавливается на нулевое показание. При последующих измерениях стрелку индикатора фиксируют с учетом знака отклонения от нулевого положения.

Погрешность установки (регулирования) инструмента на размер при малом количестве замеров можно рассчитать размахом полученных величин

$$\Delta_{\text{рег}} \approx \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}},$$

где Δ_{max} – наибольшее (положительное) отклонение;

Δ_{min} – наименьшее (отрицательное) отклонение.

1.3.1 Погрешность установки резца по лимбу (рис. 1.2а).

В начале работы любое деление лимба принимают за начало отсчета, предварительно выбрав зазор в винтовой паре. Затем вводят в контакт с поперечным суппортом контрольный индикатор. Шкалу индикатора устанавливают на ноль. Далее отводят поперечный суппорт «на себя» и затем снова устанавливают суппорт по принятому делению лимба в заданное положение. Смещение суппорта от заданного положения фиксируется с учетом знака в бланке отчета.

1.3.2 Погрешность установки резца по индикатору (рис. 1.2б).

Настроечный (рабочий) индикатор с ценой деления 0,01 мм устанавливается на станине станка, а контрольный индикатор – сзади поперечного суппорта. При первом изменении шкалы обоих индикаторов устанавливают на ноль. После этого отводят суппорт «на себя» и затем его устанавливают по рабочему индикатору в прежнее положение. Смещение от перво-

начального положения фиксируется с помощью контрольного индикатора, и значение записывается в бланке отчета.

1.3.3 Погрешность установки резца на размер по эталону с применением щупа (рис. 1.3а).

К установленному в центрах эталону подводится резец и между ними пропускается щуп. Толщина щупа берется произвольно в пределах $0,05 \div 0,3$ мм. Критерием правильности установки резца служит незначительное усилие («закусывание») щупа при его протягивании. Отклонение от первоначального положения суппорта измеряется с помощью контрольного индикатора и значение записывается в бланке отчета.

1.3.4 Погрешность установки резца по жесткому упору (рис 1.3б).

Поперечный суппорт подводится к упору, закрепленному на каретке. При этом шкала контрольного индикатора устанавливается на ноль. При последующих отводах и подводах суппорта к упору фиксируется смещение суппорта относительно первоначального положения и данные заносятся в бланк отчета.

По результатам вышеуказанных экспериментов определяются погрешности установки (регулирования) положения инструмента для рассмотренных способов установки: по лимбу – $\Delta_{\text{л}}$, индикатору – $\Delta_{\text{инд}}$, эталону и щупу – $\Delta_{\text{э}}$ и жесткому упору – $\Delta_{\text{уп}}$. Полученные данные занести в бланк отчета.

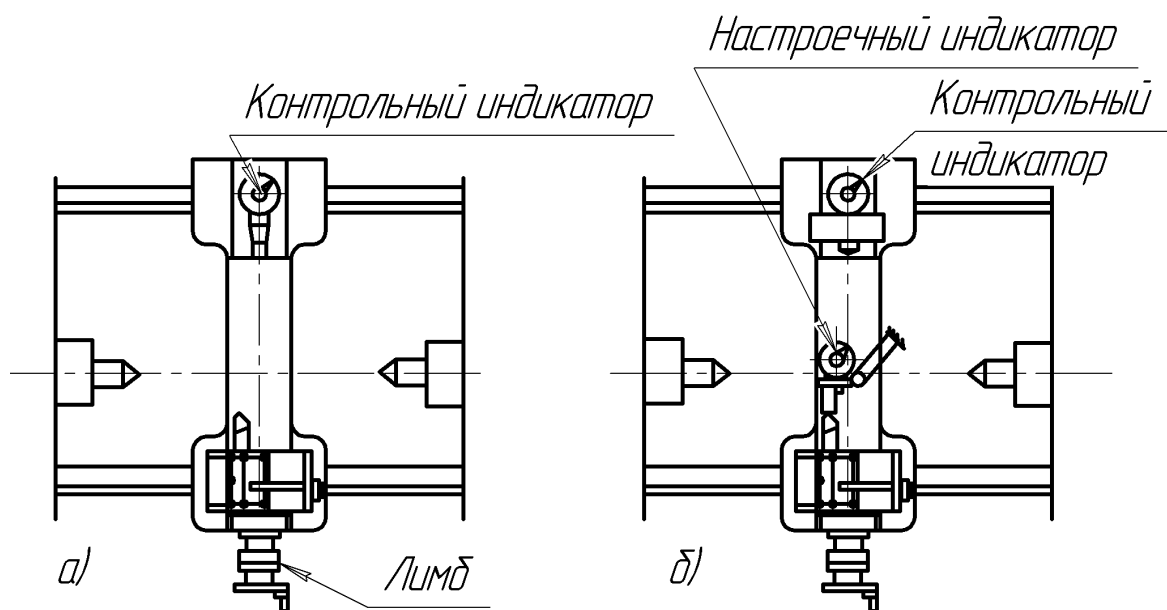


Рис. 1.2

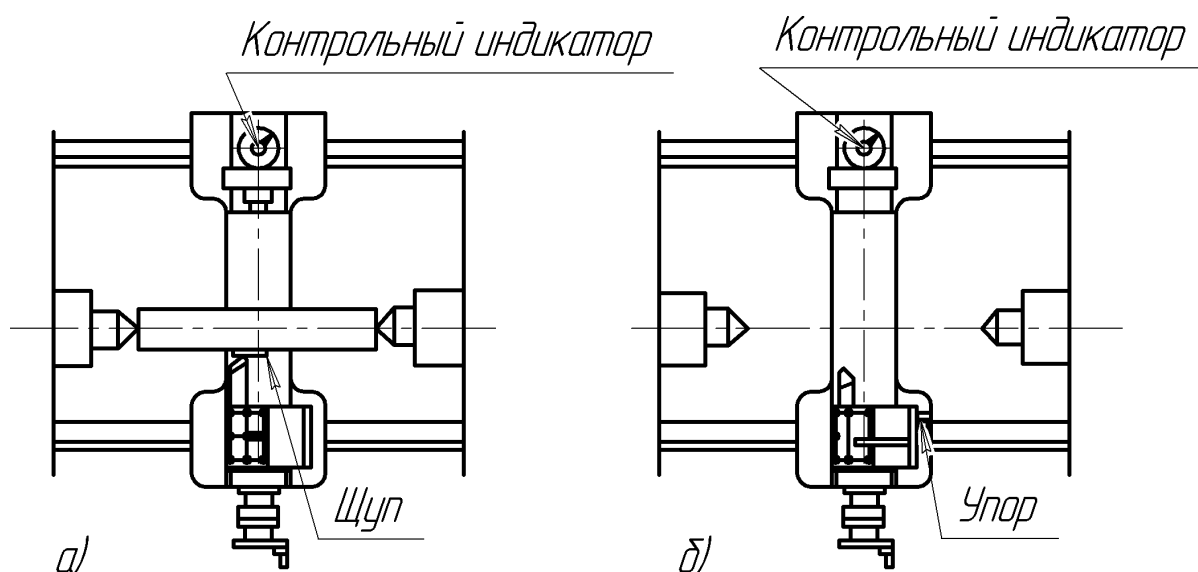


Рис. 1.3

1.4 Расчет погрешности настройки станка на размер

Погрешность настройки станка на размер, при установке (регулировании) положения инструмента по исследуемым способам, можно определить, в зависимости от метода настройки по соответствующим формулам (1.3) и (1.4).

Способы установки (регулирования) инструмента по лимбу и индикатору применяются при настройке станков на размер методом пробных деталей, поэтому Δ_n определяется по формуле (1.3). Для данного метода погрешность измерения размеров $\varnothing 50 \div 80$ мм микрометром 1-го класса точности – $\Delta_{изм} = 10\text{мкм}$. При определении $\Delta_{расч}$ значение σ берется на основании предварительных данных статанализа для применяемого процесса обработки (студенты берут известное значение σ).

Установка инструмента на размер по эталону и щупу относится к методу настройки по эталону, поэтому расчет Δ_n должен производиться по формуле (1.4). Погрешность изготовления эталона можно принимать равной: $\Delta_{изг.эт} = 10\text{мкм}$.

Значение коэффициента « k » для обоих методов настройки можно брать равным $k = 1,2$.

Способ установки резца по жесткому упору позволяет выявить погрешности настройки, возникающие от многократного отвода и подвода предварительно настроенного на размер инструмента. В этом случае

погрешность установки инструмента относится к одной настроечной партии деталей и в качестве погрешности настройки следует брать значение $\Delta_{уп}$, рассчитанного по данным п.1.3.4 раздела 1.

Полученные результаты расчетов следует заносить в бланк отчета.

1.5 Расчет допускаемой величины погрешности настройки и проверка условий точности настройки

Допускаемая величина погрешности настройки – $\Delta_{н.д.}$ определяется по формуле (1.1). При этом, допуск на выдерживаемый размер принимается равным $\sigma = 0,1\text{ мм}$. Значение σ берется по данным раздела 2.

Затем, полученные значения Δ_n , для рассмотренных способов установки инструмента, проверяют с позиции точности настройки. Настройка считается правильной, если подтверждается условие $\Delta_n \leq \Delta_{н.д.}$, и неправильной, если данное условия не подтверждается.

Полученные результаты анализа записываются в бланке отчета.

1.6 Вопросы для самопроверки

1.6.1 Как повысить точность настройки?

1.6.2 Какие факторы настройки влияют на точность расположения режущего инструмента на размер?

1.6.3 Какие применяются методы настройки режущих инструментов на размер?

1.6.4 Как осуществляется настройка режущих инструментов с использованием эталонов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

Изучение конструкции и исследование точности позиционирования фрезерного станка модели 6М11Ф3

3.1 Цель работы

Целью работы является изучение технологических возможностей многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2, видов работ и номенклатуры деталей, обрабатываемых на нем.

3.2 Общие положения

3.2.1 Описание конструкции многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2 предназначен для обработки мелких и средних корпусных деталей высокой точности в условиях мелкосерийного и серийного производства на предприятиях приборостроения и общего машиностроения. На нем возможно производить фрезерование плоскостей и уступов торцовыми и концевыми фрезами, а также обработку сложных контуров концевыми фрезами. На станке модели 6904ВМФ2 производится весь комплекс работ по обработке главных и крепежных отверстий в корпусных деталях: центрование, сверление и рассверливание, зенкерование, развертывание, все виды растачивания, цекование, обработка канавок в отверстиях, нарезание резьбы, фрезерование отверстий, подрезка торцевых поверхностей, обработка коротких участков наружных цилиндрических поверхностей.

Общий вид станка модели 6904ВМФ2 приведен на рис. 3.1. Станок состоит из следующих основных частей: станина, головка шпиндельная, суппорт, стол подъемно-поворотный, механизм смены инструмента, электрошкафы, устройство ЧПУ «Размер – 2М».

На основании станка закреплена станина, по двум плоским направляющим которой в вертикальном направлении перемещается суппорт (ось Y). По направляющим суппорта в горизонтальном направлении перпендикулярно оси шпинделя перемещаются салазки с подъемно-поворотным столом (ось X). По горизонтальным направляющим станины перемещается шпиндельная головка (ось Z). Для возможности обработки заготовки с не-

скольких сторон стол вращается вокруг вертикальной оси W. На кронштейне станины установлен механизм смены инструмента, обеспечивающий размещение 30 различных инструментов и их замену в автоматическом цикле.

Шпиндель станка приводится в движение от отдельного электродвигателя через двенадцатиступенчатую коробку скоростей. Для переключения скоростей применен кодирующий диск, при повороте которого от вспомогательного электродвигателя происходит выбор той или иной скорости вращения шпинделя за счет перемещения подвижных блоков шестерен.

Станок имеет независимые приводы подач, которые состоят из электродвигателей, зубчатых передач, безззорных передач винт-гайка качения и измерителей перемещений, используемых в качестве устройств обратной связи.

В состав устройства смены инструмента входит 3 электродвигателя, они необходимы для привода магазина, для поворота кантователя, для поворота и поступательного перемещения манипулятора. Согласованность движений отдельных элементов механизма смены инструмента обеспечивается путевой системой управления, включающей 17 конечных выключателей и распределительный вал с кулачками.

3.3 Основные технические характеристики станка 6904ВМФ2

Многоцелевой горизонтальный станок модели 6904ВМФ2 предназначен для обработки корпусных деталей из стали, чугуна и цветных сплавов фрезерованием, растачиванием, сверлением и нарезанием резьб метчиками по заданной программе.

На рис. 3.1 приведен многоцелевой станок с координатными осями перемещения рабочих органов.

Шпиндельная головка перемещается по вертикальным направляющим колонны. Стол станка может перемещаться по осям X и Z и поворачиваться вокруг оси Y.

Смена инструмента из дискового магазина, имеющего 30 гнезд, производится автооператором при неподвижном состоянии шпинделя. Цикл смены инструмента длится не более пяти секунд.

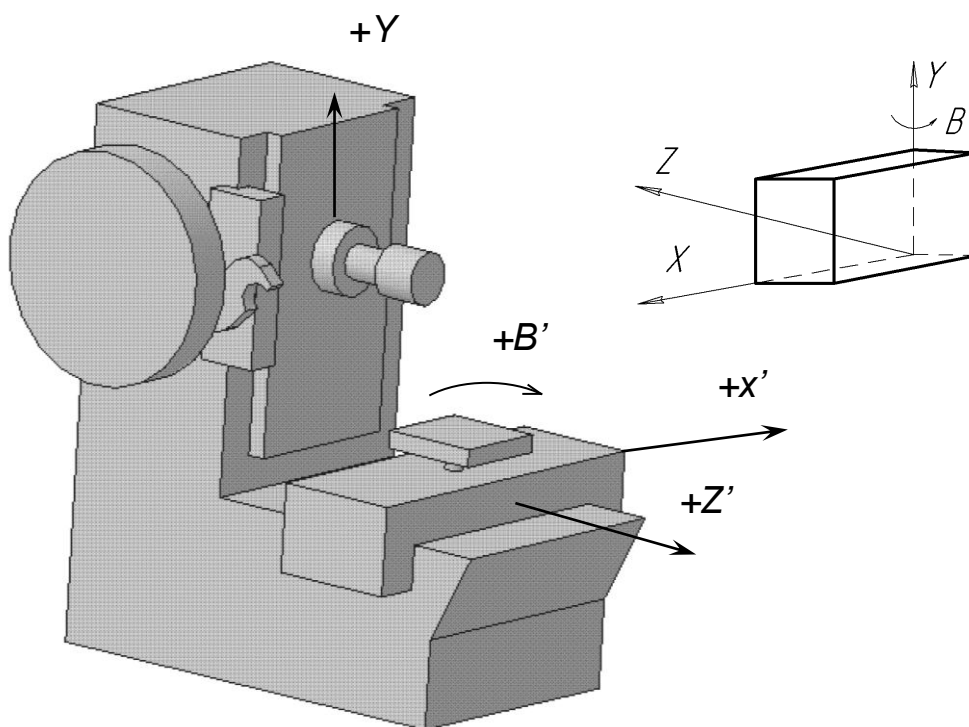


Рис. 3.1. Общий вид многоцелевого станка модели 6904BMФ2

Ниже приводятся технические данные станка.

1) Размер рабочей поверхности стола, мм	400×500
2) Наибольшее перемещение стола, мм:	
Продольное	500
Поперечное	500
3) Число ступеней подач стола и шпинделя	31
4) Пределы подач стола и шпинделя, мм/мин	5...2500
5) Величина ускорения хода стола и шпинделя, мм/мин	5000
6) Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	500
7) Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	
наименьшее	55
наибольшее	555
8) Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	
наименьшее	230
наибольшее	730

9) Пределы числа оборотов шпинделя в минуту	31,5...2000
10) Число скоростей шпинделя	19
11) Внутренний конус шпинделя	
система	ГОСТ15945-70
размер	45
12) Наибольшая скорость вращения стола, об./мин	6
13) Количество инструментов в магазине	30
14) Наибольший вес обрабатываемой детали, кг	300
15) Габариты станка (длина х, ширина х, высота)	2790×2060×2000
16) Электродвигатель привода вращения шпинделя, кВт	4,5
17) Электродвигатель перемещения и поворота стола, кВт	0,75

Программное управление станком осуществляется системой «Размер-2М».

Общее число управляющих координат – четыре, при двух координатах с одновременным перемещением. Система кодирования – ISO -7bit (ГОСТ 20999-83) с записью на восьмидорожную перфоленту.

3.4 Технические характеристики перемещений

- 1) Дискретность по направлениям X и H – 0,002 мм/имп., а по Z(R) – 0,01 мм/имп.
- 2) Абсолютная система отсчета координат опорных точек.
- 3) В одном кадре одновременно могут быть заданы два перемещения по X, Y; Y,Z, или Y,B.
- 4) Минимальное допустимое перемещение по осям X и Y – 0,1 мм, по оси Z (R) – 0,5 мм.
- 5) Ход по направлению X, Y и Z – 500 мм.
- 6) Нуль станка «плавающий».

3.5 Подготовка технологической информации

Для механической обработки заготовок на многоцелевых станках рекомендуются следующие технологические документы:

- 1) технологический чертеж обрабатываемой детали;
- 2) карта наладки;
- 3) расчетно-технологическая карта исходных данных обрабатываемых поверхностей;
- 4) карта программирования.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей в информацию, управляющую перемещениями рабочих органов станка, необходимо произвести перерасчет чертежных размеров на координаты относительно координатной системы детали. Для этого выбирают нулевую точку детали (НД) и задают координатную систему, оси которой параллельны осям перемещения рабочих органов станка, имеют одинаковые с ним направления и совмещены с установочными базовыми поверхностями деталей (рис. 3.1 г, в). Желательно, чтобы установочные базы были обработанными и являлись конструкторскими.

Иногда для уменьшения пути холостых (позиционирующих) ходов целесообразно НД (точка O_1) выбрать на продольной оси основного отверстия (рис. 3.1б, г) на определенном расстоянии от торцевой поверхности детали.

На рис. 3.2г размеры z_1, z_2, z_3, z_4 необходимы для программирования пути движения инструментов, принимающих участие в обработке.

При обработке на станках с ЧПУ поля рассеяния размеров обычно располагаются симметрично относительно номинальных значений, поэтому программируемые размеры с несимметричными допускаемыми отклонениями должны быть пересчитаны с учетом заданных на чертеже отклонений. Например, размер $140^{+0,05}_{+0,15}$ (рис 3.3) при программировании пересчитывается следующим образом $\frac{140 + (0,05 + 0,15)}{2} = 140,1$ мм. При симметричных допускаемых отклонениях перерасчет не требуется.

Переработанный чертеж с указанием на нем последовательности обработки отдельных поверхностей является технологическим чертежом обрабатываемой детали.

Если обработка корпусной детали производится с нескольких сторон последовательно, с помощью поворота стола станка, то технологический чертеж составляется для каждой обрабатываемой стороны.

На технологическом чертеже каждая обрабатываемая поверхность нумеруется порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами.

Карта наладки, расчетно-технологические карты исходных данных и программирования составлены и представлены в конце настоящих методических указаний для обработки одной конкретной детали.

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки заготовок на обрабатывающих центрах (ОЦ) вообще и в, частности на станке 6904ВМФ2, можно свести к следующему.

Единую постоянную установочную базу подготавливают и используют на всех этапах обработки. Базирование заготовки при обработке на ОЦ обычно осуществляется по трем плоскостям на столе станка или по одной плоскости и двум отверстиям. Базовые поверхности целесообразно обрабатывать на предшествующих операциях на универсальных станках.

Обработку деталей со всех сторон целесообразно производить с одной установки заготовки с максимальным использованием возможности поворотного стола станка.

Каждый элемент сложной поверхности (ступенчатой или фасонной) необходимо, по возможности, обрабатывать гостированным или нормализованным инструментом.

Ввиду того, что на станках ОЦ обработку заготовок ведут без кондукторов (возможен увод сверла), рекомендуется перед сверлением отверстий диаметром до 20 мм предусматривать центрование. Центрование производится короткими спиральными сверлами диаметром 10...12 мм с углом при вершине 90°, или центровыми комбинированными сверлами диаметром 4...8 мм.

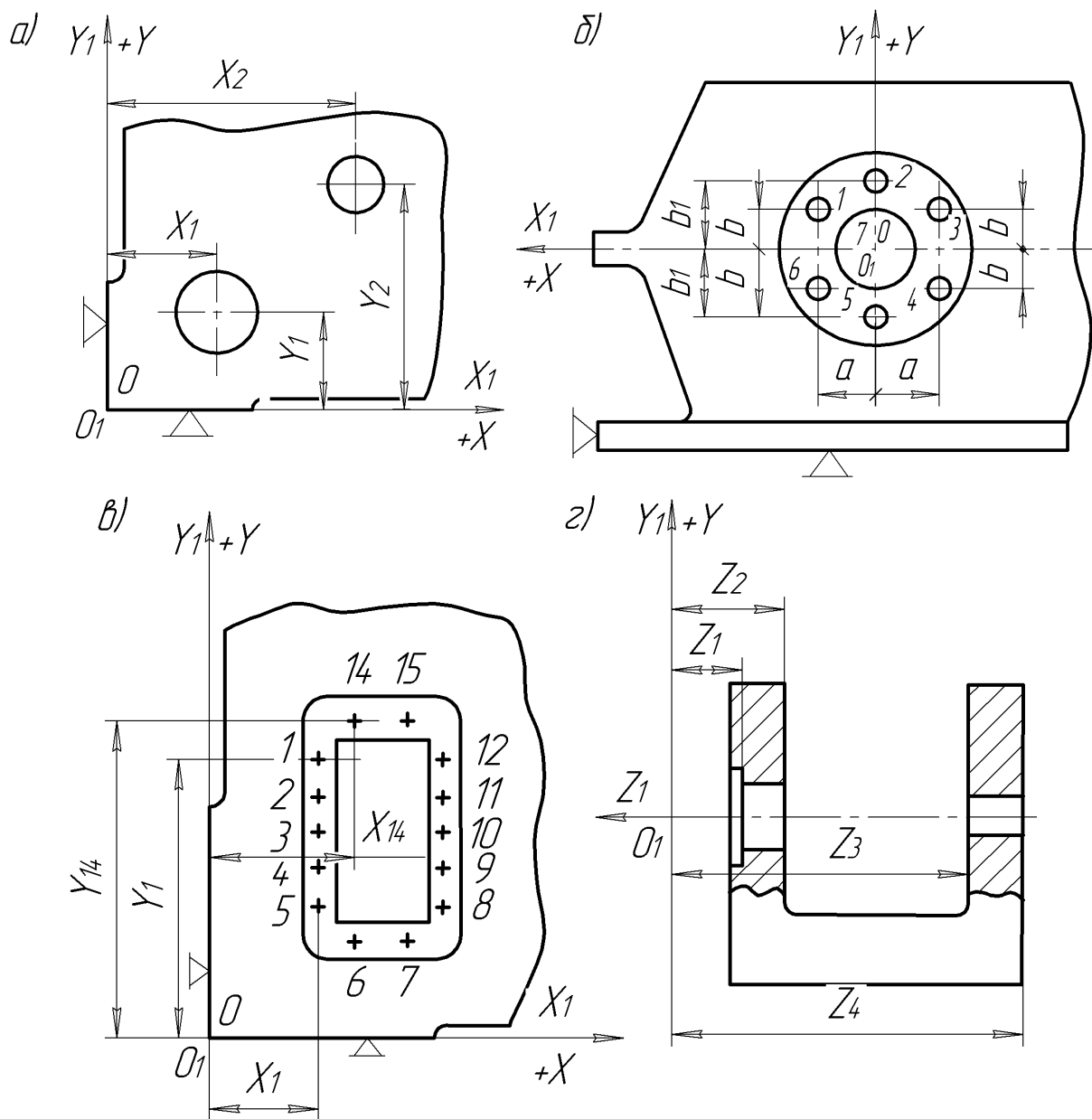


Рис. 3.2

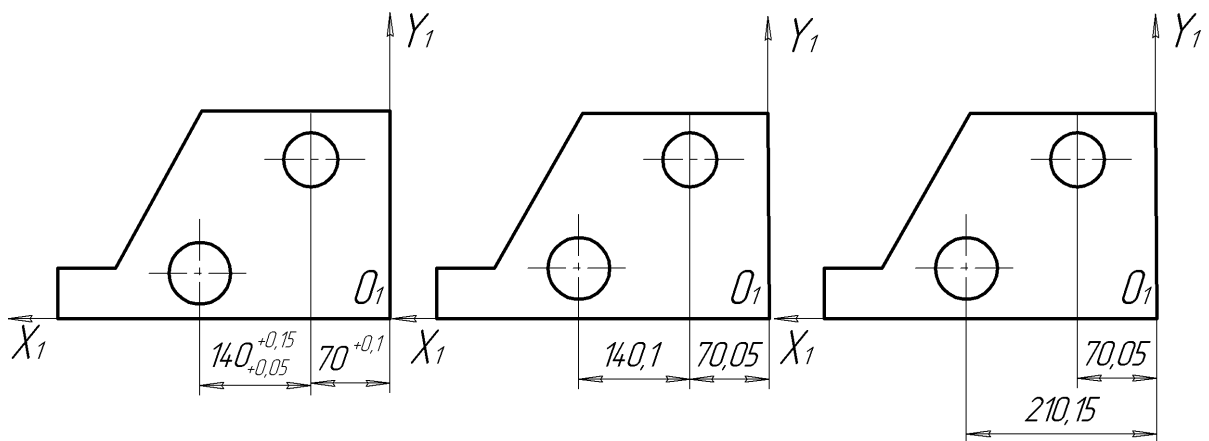


Рис. 3.3

При сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% от расчетной и предусматривать вывод сверла. При глубине сверления 5, 10 и 15 диаметров число выводов соответственно должно быть равно 1...2, 4...5, 7...10.

Литые отверстия диаметром больше 30 мм целесообразно обрабатывать черновым и чистовым растачиванием.

Внутренние канавки (полости) растачивают с помощью специальных расточных оправок с радиальным выдвижением резца при упоре в торец детали.

При обработке детали с нескольких сторон с одной установки рекомендуется переходить к следующему этапу после выполнения предыдущего на всех рабочих сторонах детали.

Последовательность обработки отверстий и смена инструмента определяется принципом кратчайшего пути.

Обработка ряда одинаковых отверстий несколькими инструментами программируется в следующем порядке:

- 1) обработка всех отверстий одним инструментом со всех сторон;
- 2) обработка всех отверстий вторым инструментом со всех сторон и т.д.

3.6 Начало отсчета координатной системы станка

Процесс совмещения нулевых точек осей X и Y (смещение «плавающего» нуля станка) с НД производится непосредственно от опорных (базовых) поверхностей базирующих элементов установленного на поворотном столе приспособления для обработки заготовки.

Установленный в конус шпинделя ловитель при медленном перемещении стола, затем шпиндельной бабки вводится в соприкосновение с поверхностями базирующих элементов, затем с помощью цифровой индикации станка определяются фактические координаты оси шпинделя относительно опорных поверхностей. Полученные значения с учетом диаметра ловителя вводятся декадными переключателями «смещение нуля» с отметками X и Y в систему управления, чем и обеспечивается смещение нуля станка с НД. После этого автоматически отсчет координат опорных точек будет вестись из точки НД.

При известном значении координаты X оси поворота стола координаты опорных точек на поверхностях детали должны быть рассчитаны от базовой системы XOY . При этом следует учесть, что однажды выбранная координатная система (XOY) при повороте стола свое местонахождение относительно неподвижных частей станка не меняет.

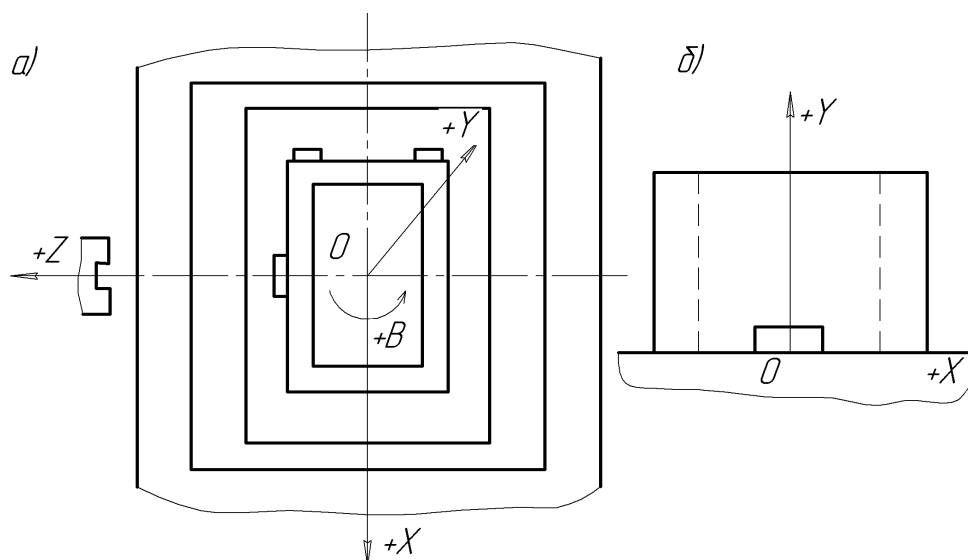


Рис. 3.4

Иногда при обработке корпусных деталей целесообразно начало координатной системы станка задавать в геометрическом центре поворотного стола на оси поворота (рис. 3.4а). В этом случае смещение нуля станка производится специальными измерениями, данные которых при помощи декадных переключателей вводятся в систему управления. При составлении программы координаты опорных точек обрабатываемых поверхностей задаются относительно системы XOY , начало которой находится в нижней опорной поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 3.4б).

При упрощении программирования часто повторяющихся технологических циклов в технологическом чертеже следует задавать базовую нулевую плоскость, которая должна иметь определенное расстояние от ближайшей к торцу шпинделя поверхности обрабатываемой заготовки и быть перпендикулярной оси Z .

Как правило, смещение начала отсчета по оси Z задается в базовой нулевой плоскости, то есть в нулевой плоскости $Z = 0$.

Расположив торец шпинделя в выбранную нулевую плоскость, на панели управления станка по цифровой индикации определяется значение

смещения нуля оси Z , которое декадными переключателями вводится в систему управления.

Положение базовой нулевой плоскости (рис. 3.5, 1-1) определяется выражением

$$H = h + \delta,$$

где h – расстояние от нижней режущей кромки до нижней точки инструмента, мм;

δ – зазор, обеспечивающий свободное относительное перемещение детали и инструмента, мм. Обычно $\delta = 0,5 \dots 1$ мм.

При расчете значения H следует учесть также положительные отклонения на размер A заготовки.

Ось R совмещена с осью Z , значения R_1 и R_2 рассматриваются как составляющие перемещений на оси Z , которые отрабатываются быстрым ходом в режиме грубого позиционирования. По адресу Z программируется перемещение на рабочей подаче, определяющее глубину обработки с учетом врезания и перебега инструмента.

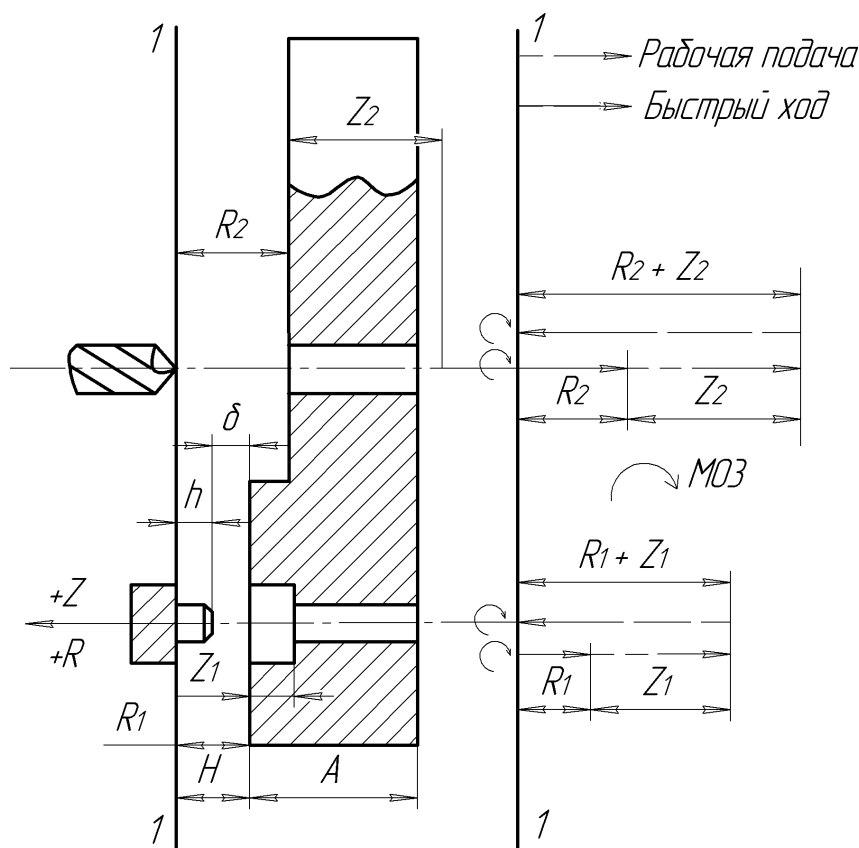


Рис. 3.5

Как уже было сказано, базовая нулевая плоскость выбирается, исходя из свободного относительного перемещения инструмента и детали. При обработке заготовки с нескольких сторон нулевая плоскость в случае, если она смещается в программе, должна быть задана с учетом стороны, расположенной на максимальном радиусе относительно центра поворотного стола. То есть, расстояние между нулевой плоскостью и данной поверхностью следует выбрать таким, чтобы после поворота стола образовался достаточный промежуток между плоскостью и новой поверхностью для свободного перемещения инструментов при позиционировании.

При обработке постоянными циклами (о чем будет сказано ниже) до начала и после завершения цикла нижняя режущая кромка инструмента всегда находится в базовой нулевой плоскости.

Для повышения производительности обработки при отработке стандартных циклов система ЧПУ «Размер-2М» позволяет смещение нулевой плоскости по оси R , которое выполняется в режимах $G64$ при движении к заготовке и $G63$ при движении от заготовки.

Кадр, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит функции $G53$, $G63$ ($G64$) и функцию R с шестью цифрами, определяющими значение смещения в 10^{-2} мм.

Функции $G63$ и $G64$ применяются также для смещения торца шпинделя от нулевой плоскости Z . $G64$ при движении к нулевой плоскости ($-Z$); $G63$ – от нулевой плоскости ($+Z$).

Установка поворотного стола в нулевое положение поворота производится по лимбу станка до начала обработки.

3.7 Виды работ, выполняемых на станке

Центрование отверстий является обязательным переходом перед сверлением отверстий в сплошном материале. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся от обычных спиральных сверл более высокой жесткостью. Схема центрования показана на рис. 3.6.

Предварительное центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении за счет исключения из работы перемычки сверла.

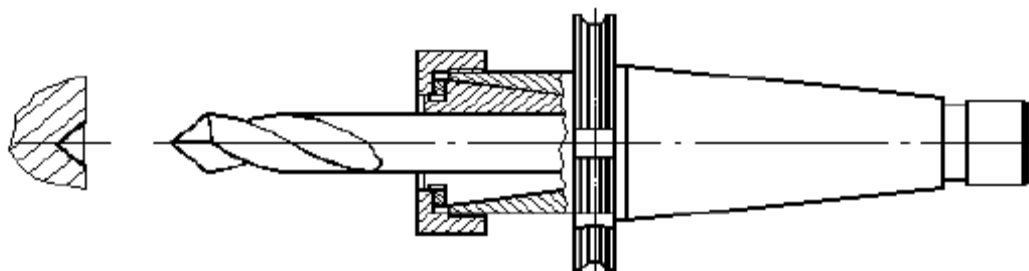


Рис. 3.6 .Центрование отверстия

Кроме того, центрование позволяет иногда исключить обработку фаски в отверстии (рис. 3.7). Наибольший диаметр сверления по стали ($\sigma_s = 600 \text{ Н/мм}^2$) - 12 мм.

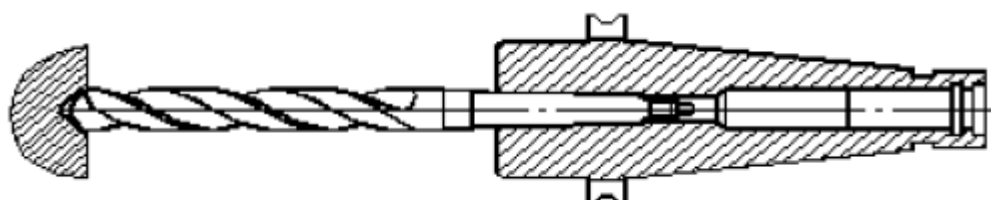


Рис. 3.7. Сверление отверстия

Фрезерование плоскостей производится торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.8). Каких-либо особенностей не имеет, за исключением того, что с целью уменьшения диаметра используемых фрез применяется фрезерование широких поверхностей концевыми фрезами.

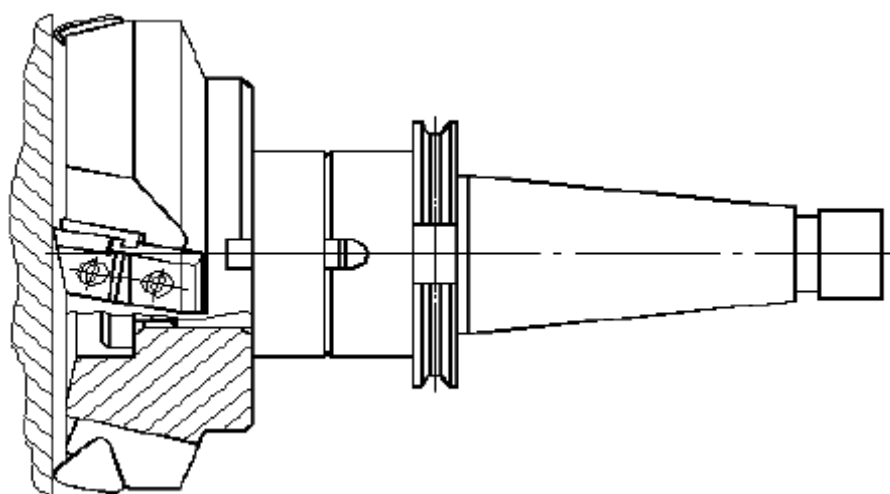


Рис. 3.8. Фрезерование торцовой фрезой

Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей. Точность при обработке плоскостей: до 7 квалитета точности, шероховатость до $Ra\ 1,25$, отклонение от плоскостности не менее 5 мкм. Для окончательной обработки плоскостей используется тонкое фрезерование однозубыми эльборовыми фрезами.

Точность и шероховатость обработанной плоскости при этом соответствуют окончательному шлифованию.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание. По сравнению с зенкерованием и развертыванием этот метод обеспечивает более высокую точность координатных размеров отверстий.

Растачивание производится консольными оправками (рис. 3.9), что ограничивает его применение при обработке отверстий, расположенных во внутренних стенках детали. Наибольший диаметр растачивания - 60 мм.

Точность отверстий, получаемых растачиванием: квалитет точности - 7; отклонение от круглости - 3 мкм; отклонение от цилиндричности - 4 мкм; точность межосевых расстояний - 10 мкм; шероховатость обработанного отверстия $Ra - 1,25$ мкм.

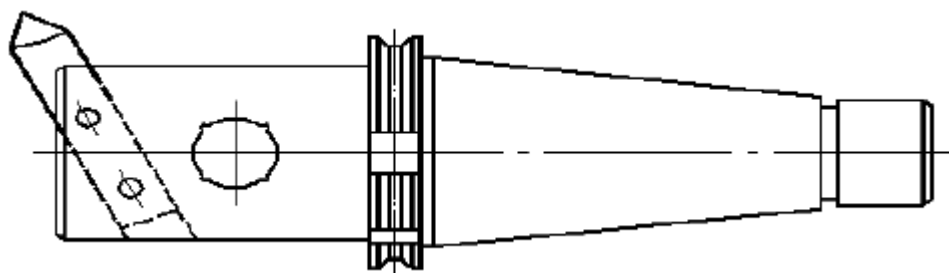


Рис. 3.9. Оправка для черного растачивания отверстий

При чистовом и тонком растачивании используются расточные оправки с микрометрической регулировкой резцовых вставок (рис. 3.10).

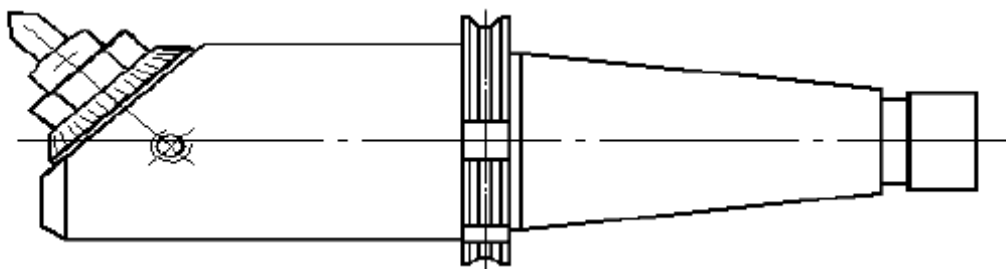


Рис. 3.10. Расточная оправка с микрометрической регулировкой

Для уменьшения числа типоразмеров инструментов для обработки отверстий в качестве чернового и чистового методов используется контурное фрезерование отверстий концевыми фрезами. Движение фрезы по окружности обеспечивается согласованными движениями заготовки по осям X и Y .

Точность обеспечиваемая контурным фрезерованием отверстий: качество точности - 9; отклонение от круглости - 15 мкм; шероховатость Ra – 2,5 мкм.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более 4 сторон обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси (координата W). Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы произвести обработку за минимальное число переустановок. Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Возможность обработки конкретной детали на станке модели 6904ВМФ2 определяется на основе сопоставления характеристик детали с технологическими возможностями станка. При этом сравниваются габари-

ты детали с размерами рабочего пространства станка. Размеры обрабатываемой поверхности должны соответствовать длинам рабочего хода исполнительных органов станка. Точность обработки на станке детали должна быть выше точности поверхностей детали. Конструкция детали должна быть технологичной применительно к условиям ее обработки на многоцелевых станках. Число технологических переходов, необходимых для обработки данной детали должно быть меньше числа инструментов, устанавливаемых в магазин.

Если конструкция детали не позволяет обработать ее с одной установки, то необходимо рассмотреть возможности обработки детали в двух и более технологических операциях. После отбора деталей для обработки следует привести укрупненные технологические маршруты со схемами базирования заготовок. В выводах по работе указываются детали, которые возможно обработать в одной технологической операции, в двух, трех и те, которые не могут быть обработаны на данном станке. При этом приводится обоснование для каждой из рассматриваемых деталей.

3.8 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) ознакомиться со всеми разделами методических указаний по выполнению лабораторной работы;
- 2) изучить компоновку станка, назначение его основных составных частей;
- 3) изучить расположение координатных осей станка;
- 4) ознакомиться с техническими характеристиками многоцелевого станка и устройства ЧПУ;
- 5) изучить виды работ, выполняемых на станке, и кинематику движений, необходимых для этого;
- 6) из предлагаемых корпусных деталей подобрать номенклатуру деталей для обработки на данном станке, при этом выделить группы деталей, которые возможно обработать за одну технологическую операцию.

7) сделать вывод по работе.

3.9 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 3 должен содержать следующие разделы:

- 1) основные составные части станка, их назначение;
- 2) характеристики рабочего пространства;
- 3) кинематические и динамические характеристики;
- 4) основные точностные характеристики;
- 5) методы обработки, возможные при обработке заготовок на станке модели 6904ВМФ2;
- 6) укрупненные маршруты обработки деталей;
- 7) выводы с обоснованием возможностей использования станка для обработки предлагаемой номенклатуры деталей.

3.10 Вопросы для самопроверки

3.1.1 Каково назначение многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2?

3.1.2 Основные технологические возможности станка;

3.1.3 Основные характеристики станка;

3.1.4 Какие виды обработки возможно производить на данном оборудовании?

3.1.5 Какими особенностями конструкции деталей ограничиваются возможности их обработки на станке 6904ВМФ2?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

Изучение конструкции токарного станка модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22

3.1 Цель работы

Целью работы является изучение технологических возможностей многоцелевого станка с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22, видов работ и номенклатуры деталей, обрабатываемых на нем.

3.2 Общие положения

3.2.1 Описание конструкции многоцелевого станка с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22.

Многоцелевой станок с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 предназначен для обработки мелких и средних корпусных деталей высокой точности в условиях мелкосерийного и серийного производства на предприятиях приборостроения и общего машиностроения. На нем возможно производить фрезерование плоскостей и уступов торцовыми и концевыми фрезами, а также обработку сложных контуров концевыми фрезами. На станке модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 производится весь комплекс работ по обработке главных и крепежных отверстий в корпусных деталях: центрование, сверление и рассверливание, зенкерование, развертывание, все виды растачивания, цекование, обработка канавок в отверстиях, нарезание резьбы, фрезерование отверстий, подрезка торцевых поверхностей, обработка коротких участков наружных цилиндрических поверхностей.

Общий вид станка модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 приведен на рис. 3.1. Станок состоит из следующих основных частей: станина, головка шпиндельная, суппорт, стол подъемно-поворотный, механизм смены инструмента, электрошкафы, устройство ЧПУ «Размер – 2М».

На основании станка закреплена станина, по двум плоским направляющим которой в вертикальном направлении перемещается суппорт (ось Y). По направляющим суппорта в горизонтальном направлении перпендикулярно оси шпинделя перемещаются салазки с подъемно-поворотным столом (ось X). По горизонтальным направляющим станины перемещается шпиндельная головка (ось Z). Для возможности обработки заготовки с не-

скольких сторон стол вращается вокруг вертикальной оси W. На кронштейне станины установлен механизм смены инструмента, обеспечивающий размещение 30 различных инструментов и их замену в автоматическом цикле.

Шпиндель станка приводится в движение от отдельного электродвигателя через двенадцатиступенчатую коробку скоростей. Для переключения скоростей применен кодирующий диск, при повороте которого от вспомогательного электродвигателя происходит выбор той или иной скорости вращения шпинделя за счет перемещения подвижных блоков шестерен.

Станок имеет независимые приводы подач, которые состоят из электродвигателей, зубчатых передач, беззазорных передач винт-гайка качения и измерителей перемещений, используемых в качестве устройств обратной связи.

В состав устройства смены инструмента входит 3 электродвигателя, они необходимы для привода магазина, для поворота кантователя, для поворота и поступательного перемещения манипулятора. Согласованность движений отдельных элементов механизма смены инструмента обеспечивается путевой системой управления, включающей 17 конечных выключателей и распределительный вал с кулачками.

3.3 Основные технические характеристики станка 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22

Многоцелевой горизонтальный станок модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 предназначен для обработки корпусных деталей из стали, чугуна и цветных сплавов фрезерованием, растачиванием, сверлением и нарезанием резьб метчиками по заданной программе.

На рис. 3.1 приведен многоцелевой станок с координатными осями перемещения рабочих органов.

Шпиндельная головка перемещается по вертикальным направляющим колонны. Стол станка может перемещаться по осям X и Z и поворачиваться вокруг оси Y.

Смена инструмента из дискового магазина, имеющего 30 гнезд, производится автооператором при неподвижном состоянии шпинделя. Цикл смены инструмента длится не более пяти секунд.

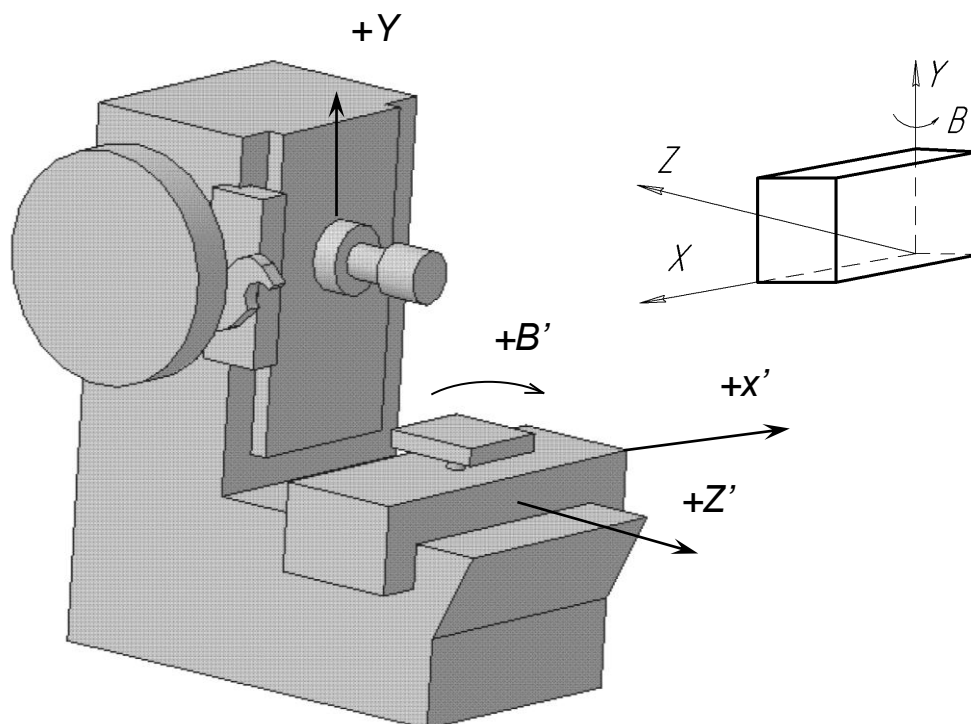


Рис. 3.1. Общий вид многоцелевого станка модели 6904BMФ2

Ниже приводятся технические данные станка.

1) Размер рабочей поверхности стола, мм	400×500
2) Наибольшее перемещение стола, мм:	
Продольное	500
Поперечное	500
3) Число ступеней подач стола и шпинделя	31
4) Пределы подач стола и шпинделя, мм/мин	5...2500
5) Величина ускорения хода стола и шпинделя, мм/мин	5000
6) Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	500
7) Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	
наименьшее	55
наибольшее	555

8) Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	
наименьшее	230
наибольшее	730
9) Пределы числа оборотов шпинделя в минуту	31,5...2000
10) Число скоростей шпинделя	19
11) Внутренний конус шпинделя	
система	ГОСТ15945-70
размер	45
12) Наибольшая скорость вращения стола, об./мин	6
13) Количество инструментов в магазине	30
14) Наибольший вес обрабатываемой детали, кг	300
15) Габариты станка (длина х, ширина х, высота)	2790×2060×2000
16) Электродвигатель привода вращения шпинделя, кВт	4,5
17) Электродвигатель перемещения и поворота стола, кВт	0,75

Программное управление станком осуществляется системой «Размер-2М».

Общее число управляющих координат – четыре, при двух координатах с одновременным перемещением. Система кодирования – ISO -7bit (ГОСТ 20999-83) с записью на восьмидорожную перфоленту.

3.4 Технические характеристики перемещений

7) Дискретность по направлениям X и H – 0,002 мм/имп., а по Z(R) – 0,01 мм/имп.

8) Абсолютная система отсчета координат опорных точек.

9) В одном кадре одновременно могут быть заданы два перемещения по X, Y; Y,Z, или Y,B.

10) Минимальное допустимое перемещение по осям X и Y – 0,1 мм, по оси Z (R) – 0,5 мм.

11) Ход по направлению X, Y и Z – 500 мм.

12) Нуль станка «плавающий».

3.5 Подготовка технологической информации

Для механической обработки заготовок на многоцелевых станках рекомендуются следующие технологические документы:

- 5) технологический чертеж обрабатываемой детали;
- 6) карта наладки;
- 7) расчетно-технологическая карта исходных данных обрабатываемых поверхностей;
- 8) карта программирования.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей в информацию, управляющую перемещениями рабочих органов станка, необходимо произвести перерасчет чертежных размеров на координаты относительно координатной системы детали. Для этого выбирают нулевую точку детали (НД) и задают координатную систему, оси которой параллельны осям перемещения рабочих органов станка, имеют одинаковые с ним направления и совмещены с установочными базовыми поверхностями деталей (рис. 3.1 г, в). Желательно, чтобы установочные базы были обработанными и являлись конструкторскими.

Иногда для уменьшения пути холостых (позиционирующих) ходов целесообразно НД (точка O_1) выбрать на продольной оси основного отверстия (рис. 3.1б, г) на определенном расстоянии от торцевой поверхности детали.

На рис. 3.2г размеры z_1, z_2, z_3, z_4 необходимы для программирования пути движения инструментов, принимающих участие в обработке.

При обработке на станках с ЧПУ поля рассеяния размеров обычно располагаются симметрично относительно номинальных значений, поэтому программируемые размеры с несимметричными допускаемыми отклонениями должны быть пересчитаны с учетом заданных на чертеже отклонений. Например, размер $140_{+0,15}^{+0,05}$ (рис 3.3) при программировании пересчитывается следующим образом $\frac{140 + (0,05 + 0,15)}{2} = 140,1$ мм. При симметричных допускаемых отклонениях перерасчет не требуется.

Переработанный чертеж с указанием на нем последовательности обработки отдельных поверхностей является технологическим чертежом обрабатываемой детали.

Если обработка корпусной детали производится с нескольких сторон последовательно, с помощью поворота стола станка, то технологический чертеж составляется для каждой обрабатываемой стороны.

На технологическом чертеже каждая обрабатываемая поверхность нумеруется порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами.

Карта наладки, расчетно-технологические карты исходных данных и программирования составлены и представлены в конце настоящих методических указаний для обработки одной конкретной детали.

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки заготовок на обрабатывающих центрах (ОЦ) вообще и в, частности на станке 6904ВМФ2, можно свести к следующему.

Единую постоянную установочную базу подготавливают и используют на всех этапах обработки. Базирование заготовки при обработке на ОЦ обычно осуществляется по трем плоскостям на столе станка или по одной плоскости и двум отверстиям. Базовые поверхности целесообразно обрабатывать на предшествующих операциях на универсальных станках.

Обработку деталей со всех сторон целесообразно производить с одной установки заготовки с максимальным использованием возможности поворотного стола станка.

Каждый элемент сложной поверхности (ступенчатой или фасонной) необходимо, по возможности, обрабатывать гостированным или нормализованным инструментом.

Ввиду того, что на станках ОЦ обработку заготовок ведут без кондукторов (возможен увод сверла), рекомендуется перед сверлением отверстий диаметром до 20 мм предусматривать центрование. Центрование производится короткими спиральными сверлами диаметром 10...12 мм с углом при вершине 90°, или центровыми комбинированными сверлами диаметром 4...8 мм.

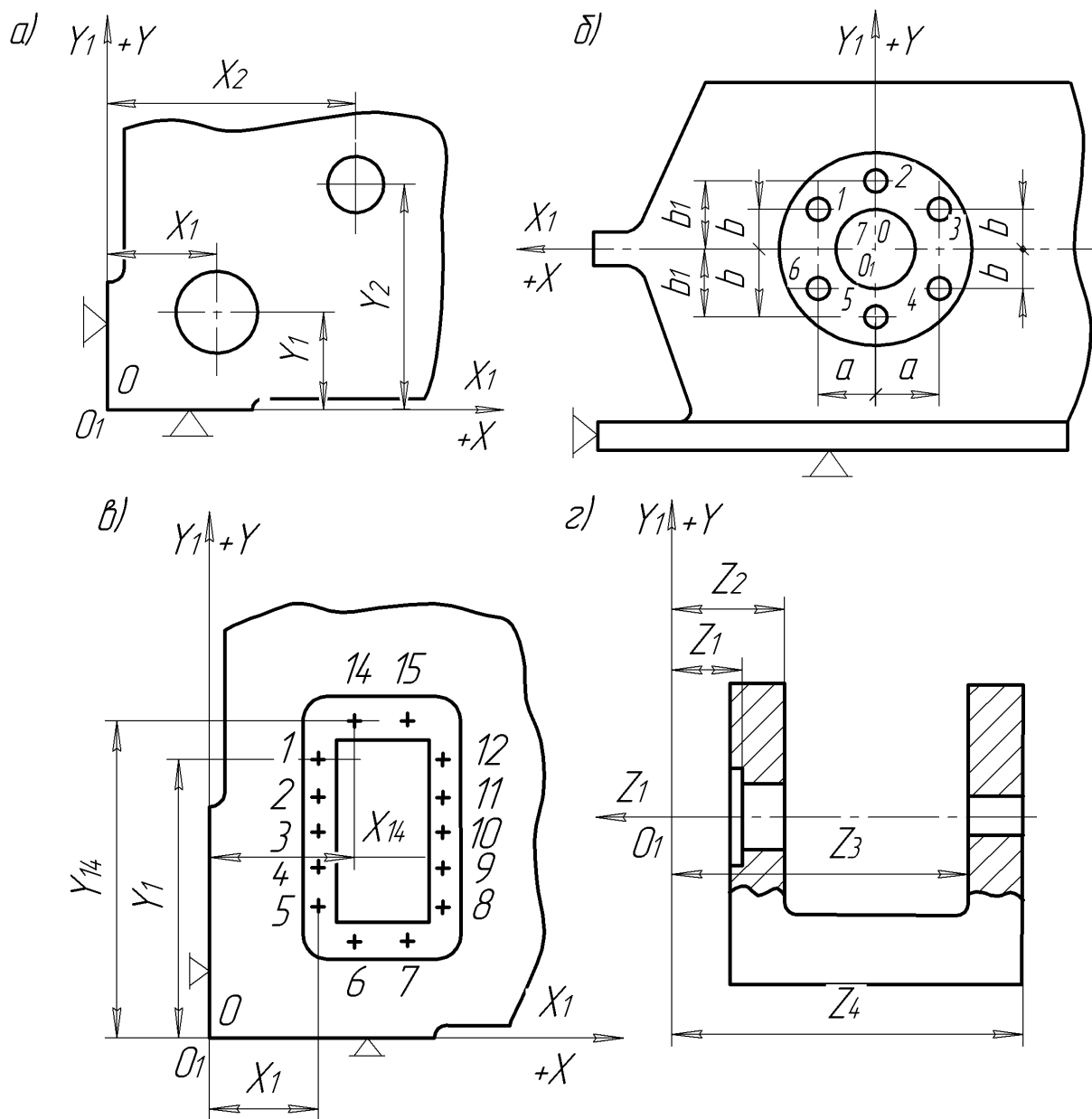


Рис. 3.2

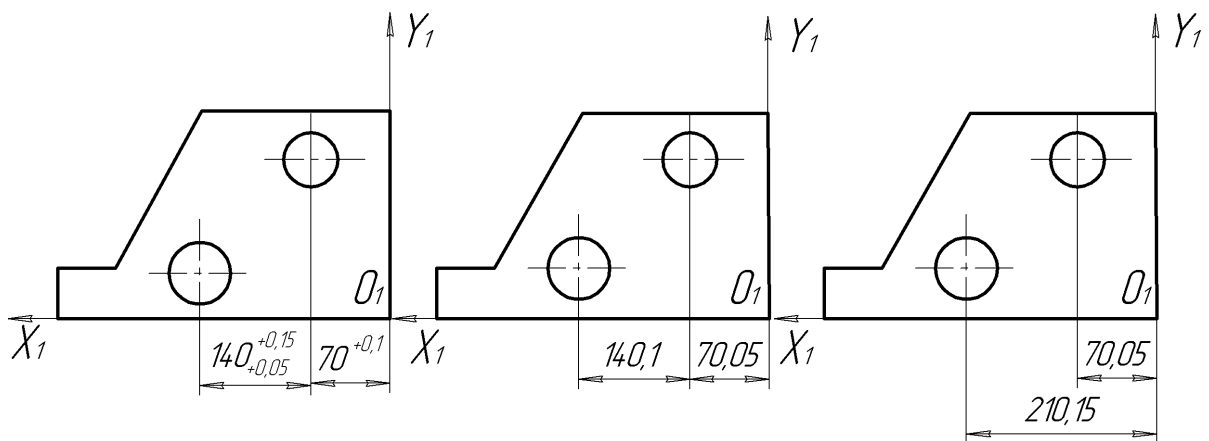


Рис. 3.3

При сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% от расчетной и предусматривать вывод сверла. При глубине сверления 5, 10 и 15 диаметров число выводов соответственно должно быть равно 1...2, 4...5, 7...10.

Литые отверстия диаметром больше 30 мм целесообразно обрабатывать черновым и чистовым растачиванием.

Внутренние канавки (полости) растачивают с помощью специальных расточных оправок с радиальным выдвижением резца при упоре в торец детали.

При обработке детали с нескольких сторон с одной установки рекомендуется переходить к следующему этапу после выполнения предыдущего на всех рабочих сторонах детали.

Последовательность обработки отверстий и смена инструмента определяется принципом кратчайшего пути.

Обработка ряда одинаковых отверстий несколькими инструментами программируется в следующем порядке:

- 1) обработка всех отверстий одним инструментом со всех сторон;
- 2) обработка всех отверстий вторым инструментом со всех сторон и т.д.

3.6 Начало отсчета координатной системы станка

Процесс совмещения нулевых точек осей X и Y (смещение «плавающего» нуля станка) с НД производится непосредственно от опорных (базовых) поверхностей базирующих элементов установленного на поворотном столе приспособления для обработки заготовки.

Установленный в конус шпинделя ловитель при медленном перемещении стола, затем шпиндельной бабки вводится в соприкосновение с поверхностями базирующих элементов, затем с помощью цифровой индикации станка определяются фактические координаты оси шпинделя относительно опорных поверхностей. Полученные значения с учетом диаметра ловителя вводятся декадными переключателями «смещение нуля» с отметками X и Y в систему управления, чем и обеспечивается смещение нуля станка с НД. После этого автоматически отсчет координат опорных точек будет вестись из точки НД.

При известном значении координаты X оси поворота стола координаты опорных точек на поверхностях детали должны быть рассчитаны от базовой системы XOY . При этом следует учесть, что однажды выбранная координатная система (XOY) при повороте стола свое местонахождение относительно неподвижных частей станка не меняет.

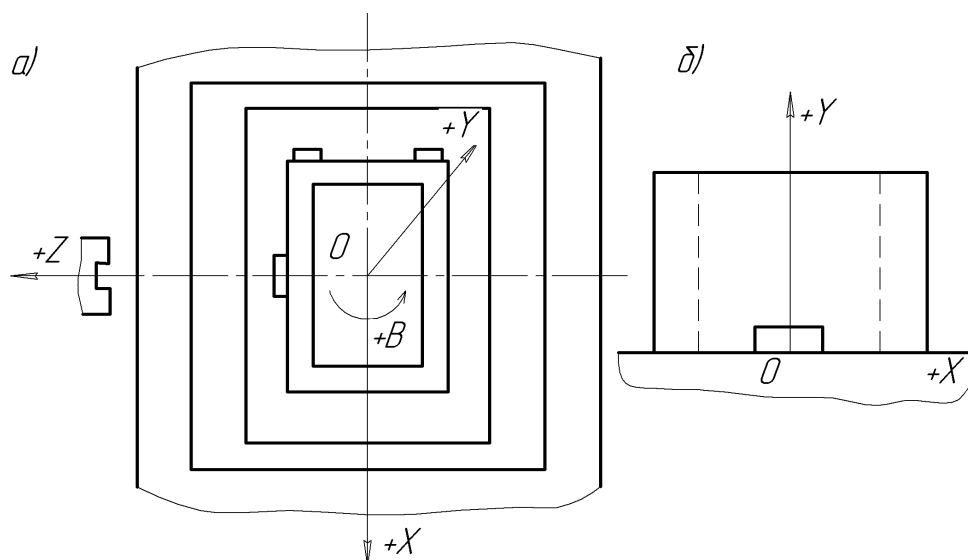


Рис. 3.4

Иногда при обработке корпусных деталей целесообразно начало координатной системы станка задавать в геометрическом центре поворотного стола на оси поворота (рис. 3.4а). В этом случае смещение нуля станка производится специальными измерениями, данные которых при помощи декадных переключателей вводятся в систему управления. При составлении программы координаты опорных точек обрабатываемых поверхностей задаются относительно системы XOY , начало которой находится в нижней опорной поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 3.4б).

При упрощении программирования часто повторяющихся технологических циклов в технологическом чертеже следует задавать базовую нулевую плоскость, которая должна иметь определенное расстояние от ближайшей к торцу шпинделя поверхности обрабатываемой заготовки и быть перпендикулярной оси Z .

Как правило, смещение начала отсчета по оси Z задается в базовой нулевой плоскости, то есть в нулевой плоскости $Z = 0$.

Расположив торец шпинделя в выбранную нулевую плоскость, на панели управления станка по цифровой индикации определяется значение

смещения нуля оси Z , которое декадными переключателями вводится в систему управления.

Положение базовой нулевой плоскости (рис. 3.5, 1-1) определяется выражением

$$H = h + \delta,$$

где h – расстояние от нижней режущей кромки до нижней точки инструмента, мм;

δ – зазор, обеспечивающий свободное относительное перемещение детали и инструмента, мм. Обычно $\delta = 0,5 \dots 1$ мм.

При расчете значения H следует учесть также положительные отклонения на размер A заготовки.

Ось R совмещена с осью Z , значения R_1 и R_2 рассматриваются как составляющие перемещений на оси Z , которые отрабатываются быстрым ходом в режиме грубого позиционирования. По адресу Z программируется перемещение на рабочей подаче, определяющее глубину обработки с учетом врезания и перебега инструмента.

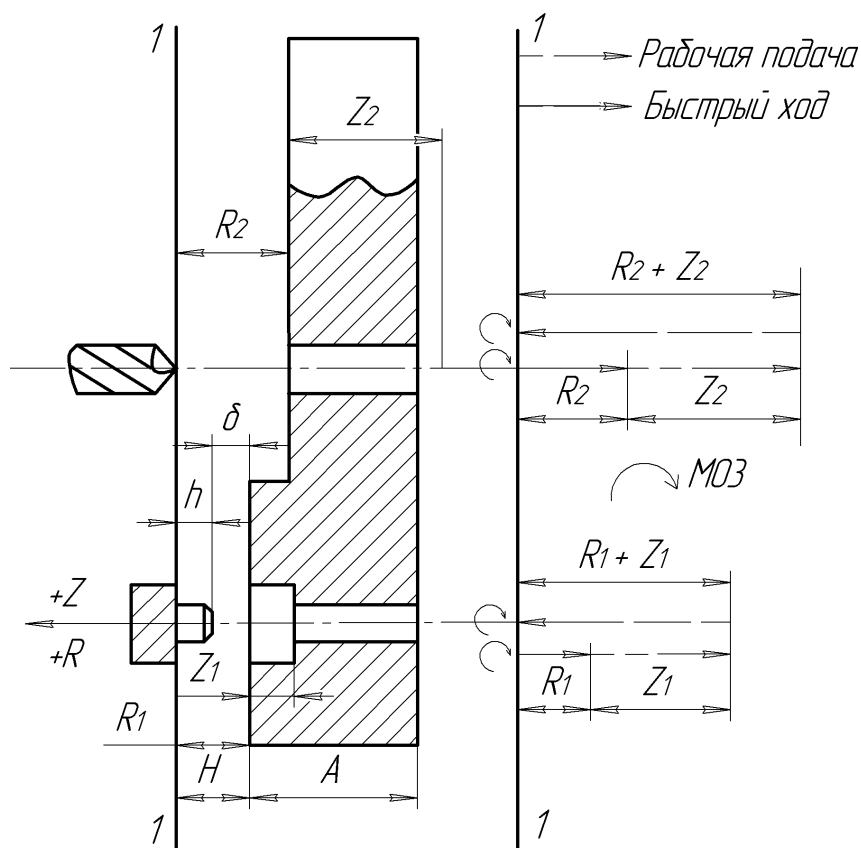


Рис. 3.5

Как уже было сказано, базовая нулевая плоскость выбирается, исходя из свободного относительного перемещения инструмента и детали. При обработке заготовки с нескольких сторон нулевая плоскость в случае, если она смещается в программе, должна быть задана с учетом стороны, расположенной на максимальном радиусе относительно центра поворотного стола. То есть, расстояние между нулевой плоскостью и данной поверхностью следует выбрать таким, чтобы после поворота стола образовался достаточный промежуток между плоскостью и новой поверхностью для свободного перемещения инструментов при позиционировании.

При обработке постоянными циклами (о чем будет сказано ниже) до начала и после завершения цикла нижняя режущая кромка инструмента всегда находится в базовой нулевой плоскости.

Для повышения производительности обработки при отработке стандартных циклов система ЧПУ «Размер-2М» позволяет смещение нулевой плоскости по оси R , которое выполняется в режимах $G64$ при движении к заготовке и $G63$ при движении от заготовки.

Кадр, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит функции $G53$, $G63$ ($G64$) и функцию R с шестью цифрами, определяющими значение смещения в 10^{-2} мм.

Функции $G63$ и $G64$ применяются также для смещения торца шпинделя от нулевой плоскости Z . $G64$ при движении к нулевой плоскости ($-Z$); $G63$ – от нулевой плоскости ($+Z$).

Установка поворотного стола в нулевое положение поворота производится по лимбу станка до начала обработки.

3.7 Виды работ, выполняемых на станке

Центрование отверстий является обязательным переходом перед сверлением отверстий в сплошном материале. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся от обычных спиральных сверл более высокой жесткостью. Схема центрования показана на рис. 3.6.

Предварительное центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении за счет исключения из работы перемычки сверла.

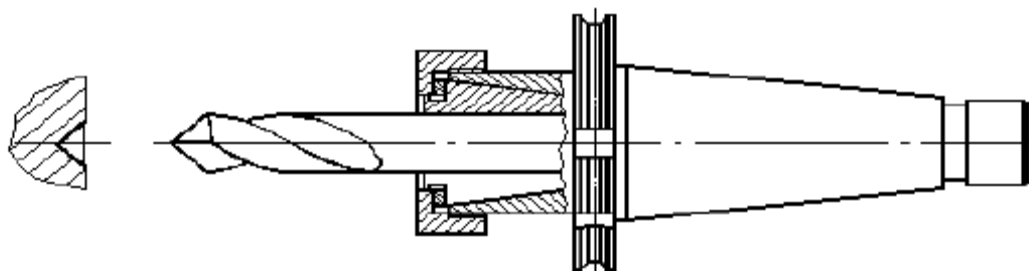


Рис. 3.6 .Центрование отверстия

Кроме того, центрование позволяет иногда исключить обработку фаски в отверстии (рис. 3.7). Наибольший диаметр сверления по стали ($\sigma_s = 600 \text{ Н/мм}^2$) - 12 мм.

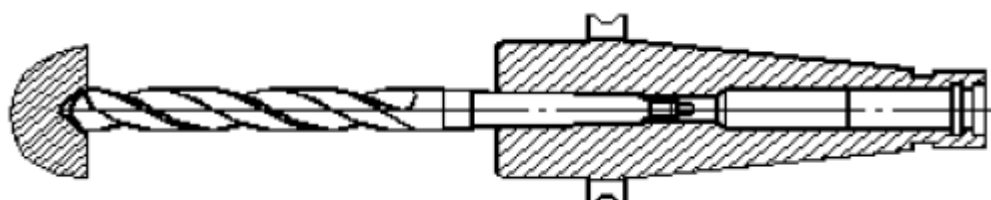


Рис. 3.7. Сверление отверстия

Фрезерование плоскостей производится торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.8). Каких-либо особенностей не имеет, за исключением того, что с целью уменьшения диаметра используемых фрез применяется фрезерование широких поверхностей концевыми фрезами.

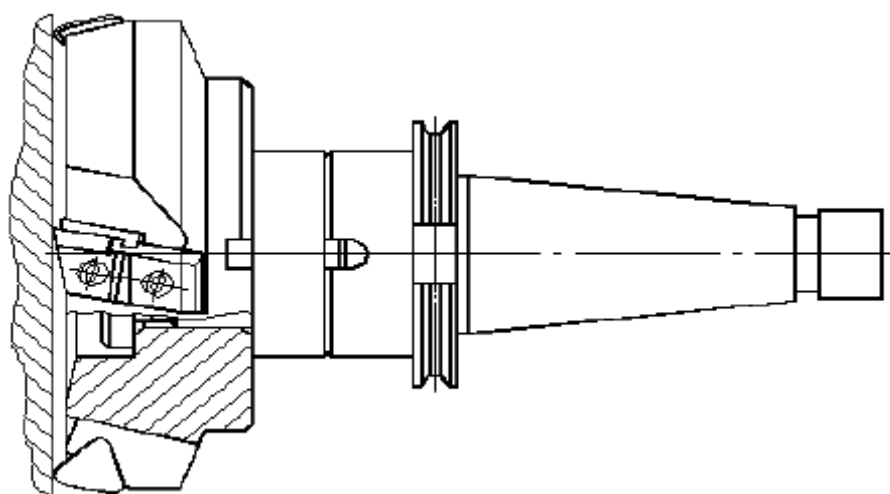


Рис. 3.8. Фрезерование торцовой фрезой

Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей. Точность при обработке плоскостей: до 7 квалитета точности, шероховатость до $Ra\ 1,25$, отклонение от плоскостности не менее 5 мкм. Для окончательной обработки плоскостей используется тонкое фрезерование однозубыми эльборовыми фрезами.

Точность и шероховатость обработанной плоскости при этом соответствуют окончательному шлифованию.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание. По сравнению с зенкерованием и развертыванием этот метод обеспечивает более высокую точность координатных размеров отверстий.

Растачивание производится консольными оправками (рис. 3.9), что ограничивает его применение при обработке отверстий, расположенных во внутренних стенках детали. Наибольший диаметр растачивания - 60 мм.

Точность отверстий, получаемых растачиванием: квалитет точности - 7; отклонение от круглости - 3 мкм; отклонение от цилиндричности - 4 мкм; точность межосевых расстояний - 10 мкм; шероховатость обработанного отверстия $Ra - 1,25$ мкм.

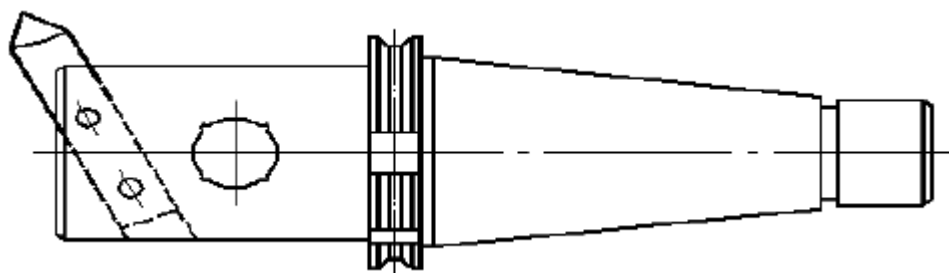


Рис. 3.9. Оправка для чернового растачивания отверстий

При чистовом и тонком растачивании используются расточные оправки с микрометрической регулировкой резцовых вставок (рис. 3.10).

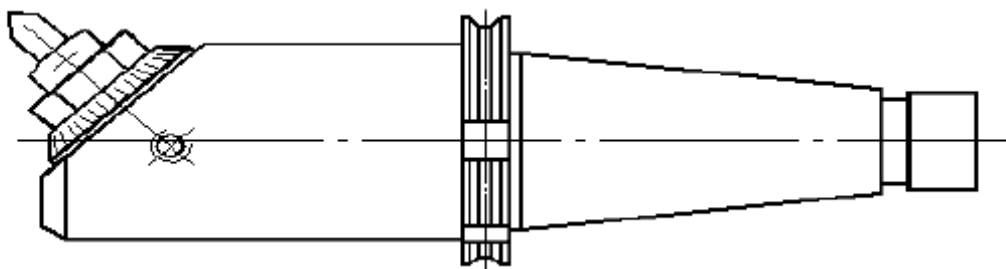


Рис. 3.10. Расточная оправка с микрометрической регулировкой

Для уменьшения числа типоразмеров инструментов для обработки отверстий в качестве чернового и чистового методов используется контурное фрезерование отверстий концевыми фрезами. Движение фрезы по окружности обеспечивается согласованными движениями заготовки по осям X и Y .

Точность обеспечиваемая контурным фрезерованием отверстий: качество точности - 9; отклонение от круглости - 15 мкм; шероховатость Ra – 2,5 мкм.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более 4 сторон обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси (координата W). Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы произвести обработку за минимальное число переустановок. Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Возможность обработки конкретной детали на станке модели 6904ВМФ2 определяется на основе сопоставления характеристик детали с технологическими возможностями станка. При этом сравниваются габари-

ты детали с размерами рабочего пространства станка. Размеры обрабатываемой поверхности должны соответствовать длинам рабочего хода исполнительных органов станка. Точность обработки на станке детали должна быть выше точности поверхностей детали. Конструкция детали должна быть технологичной применительно к условиям ее обработки на многоцелевых станках. Число технологических переходов, необходимых для обработки данной детали должно быть меньше числа инструментов, устанавливаемых в магазин.

Если конструкция детали не позволяет обработать ее с одной установки, то необходимо рассмотреть возможности обработки детали в двух и более технологических операциях. После отбора деталей для обработки следует привести укрупненные технологические маршруты со схемами базирования заготовок. В выводах по работе указываются детали, которые возможно обработать в одной технологической операции, в двух, трех и те, которые не могут быть обработаны на данном станке. При этом приводится обоснование для каждой из рассматриваемых деталей.

3.8 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) ознакомиться со всеми разделами методических указаний по выполнению лабораторной работы;
- 2) изучить компоновку станка, назначение его основных составных частей;
- 3) изучить расположение координатных осей станка;
- 4) ознакомиться с техническими характеристиками многоцелевого станка и устройства ЧПУ;
- 5) изучить виды работ, выполняемых на станке, и кинематику движений, необходимых для этого;
- 6) из предлагаемых корпусных деталей подобрать номенклатуру деталей для обработки на данном станке, при этом выделить группы деталей, которые возможно обработать за одну технологическую операцию.

7) сделать вывод по работе.

3.9 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 3 должен содержать следующие разделы:

- 1) основные составные части станка, их назначение;
- 2) характеристики рабочего пространства;
- 3) кинематические и динамические характеристики;
- 4) основные точностные характеристики;
- 5) методы обработки, возможные при обработке заготовок на станке модели 6904ВМФ2;
- 6) укрупненные маршруты обработки деталей;
- 7) выводы с обоснованием возможностей использования станка для обработки предлагаемой номенклатуры деталей.

3.10 Вопросы для самопроверки

3.1.1 Каково назначение многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2?

3.1.2 Основные технологические возможности станка;

3.1.3 Основные характеристики станка;

3.1.4 Какие виды обработки возможно производить на данном оборудовании?

3.1.5 Какими особенностями конструкции деталей ограничиваются возможности их обработки на станке 6904ВМФ2?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 16Б16 С ЧПУ ТИПА 2Р22 СОСТАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Цель работы

Целью работы является изучение технологических возможностей многоцелевого станка с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22, видов работ и номенклатуры деталей, обрабатываемых на нем.

3.2 Общие положения

3.2.1 Описание конструкции многоцелевого станка с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22.

Многоцелевой станок с ЧПУ модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 предназначен для обработки мелких и средних корпусных деталей высокой точности в условиях мелкосерийного и серийного производства на предприятиях приборостроения и общего машиностроения. На нем возможно производить фрезерование плоскостей и уступов торцовыми и концевыми фрезами, а также обработку сложных контуров концевыми фрезами. На станке модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 производится весь комплекс работ по обработке главных и крепежных отверстий в корпусных деталях: центрование, сверление и рассверливание, зенкерование, развертывание, все виды растачивания, цекование, обработка канавок в отверстиях, нарезание резьбы, фрезерование отверстий, подрезка торцевых поверхностей, обработка коротких участков наружных цилиндрических поверхностей.

Общий вид станка модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 приведен на рис. 3.1. Станок состоит из следующих основных частей: станина, головка шпиндельная, суппорт, стол подъемно-поворотный, механизм смены инструмента, электрошкафы, устройство ЧПУ «Размер – 2М».

На основании станка закреплена станина, по двум плоским направляющим которой в вертикальном направлении перемещается суппорт (ось Y). По направляющим суппорта в горизонтальном направлении перпендикулярно оси шпинделя перемещаются салазки с подъемно-поворотным столом (ось X). По горизонтальным направляющим станины перемещается шпиндельная головка (ось Z). Для возможности обработки заготовки с не-

скольких сторон стол вращается вокруг вертикальной оси W. На кронштейне станины установлен механизм смены инструмента, обеспечивающий размещение 30 различных инструментов и их замену в автоматическом цикле.

Шпиндель станка приводится в движение от отдельного электродвигателя через двенадцатиступенчатую коробку скоростей. Для переключения скоростей применен кодирующий диск, при повороте которого от вспомогательного электродвигателя происходит выбор той или иной скорости вращения шпинделя за счет перемещения подвижных блоков шестерен.

Станок имеет независимые приводы подач, которые состоят из электродвигателей, зубчатых передач, беззазорных передач винт-гайка качения и измерителей перемещений, используемых в качестве устройств обратной связи.

В состав устройства смены инструмента входит 3 электродвигателя, они необходимы для привода магазина, для поворота кантователя, для поворота и поступательного перемещения манипулятора. Согласованность движений отдельных элементов механизма смены инструмента обеспечивается путевой системой управления, включающей 17 конечных выключателей и распределительный вал с кулачками.

3.3 Основные технические характеристики станка 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22

Многоцелевой горизонтальный станок модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22 предназначен для обработки корпусных деталей из стали, чугуна и цветных сплавов фрезерованием, растачиванием, сверлением и нарезанием резьб метчиками по заданной программе.

На рис. 3.1 приведен многоцелевой станок с координатными осями перемещения рабочих органов.

Шпиндельная головка перемещается по вертикальным направляющим колонны. Стол станка может перемещаться по осям X и Z и поворачиваться вокруг оси Y.

Смена инструмента из дискового магазина, имеющего 30 гнезд, производится автооператором при неподвижном состоянии шпинделя. Цикл смены инструмента длится не более пяти секунд.

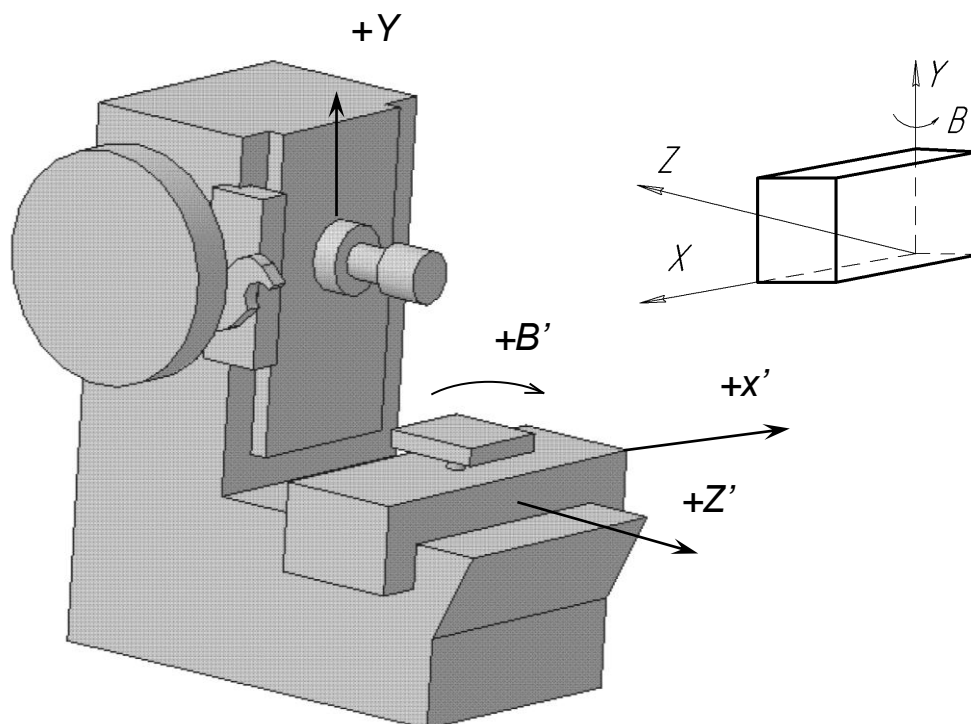


Рис. 3.1. Общий вид многоцелевого станка модели 6904BMФ2

Ниже приводятся технические данные станка.

1) Размер рабочей поверхности стола, мм	400×500
2) Наибольшее перемещение стола, мм:	
Продольное	500
Поперечное	500
3) Число ступеней подач стола и шпинделя	31
4) Пределы подач стола и шпинделя, мм/мин	5...2500
5) Величина ускорения хода стола и шпинделя, мм/мин	5000
6) Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	500
7) Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	
наименьшее	55
наибольшее	555

8) Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	
наименьшее	230
наибольшее	730
9) Пределы числа оборотов шпинделя в минуту	31,5...2000
10) Число скоростей шпинделя	19
11) Внутренний конус шпинделя	
система	ГОСТ15945-70
размер	45
12) Наибольшая скорость вращения стола, об./мин	6
13) Количество инструментов в магазине	30
14) Наибольший вес обрабатываемой детали, кг	300
15) Габариты станка (длина х, ширина х, высота)	2790×2060×2000
16) Электродвигатель привода вращения шпинделя, кВт	4,5
17) Электродвигатель перемещения и поворота стола, кВт	0,75

Программное управление станком осуществляется системой «Размер-2М».

Общее число управляющих координат – четыре, при двух координатах с одновременным перемещением. Система кодирования – ISO -7bit (ГОСТ 20999-83) с записью на восьмидорожную перфоленту.

3.4 Технические характеристики перемещений

13) Дискретность по направлениям X и H – 0,002 мм/имп., а по Z(R) – 0,01 мм/имп.

14) Абсолютная система отсчета координат опорных точек.

15) В одном кадре одновременно могут быть заданы два перемещения по X, Y; Y,Z, или Y,B.

16) Минимальное допустимое перемещение по осям X и Y – 0,1 мм, по оси Z (R) – 0,5 мм.

17) Ход по направлению X, Y и Z – 500 мм.

18) Нуль станка «плавающий».

3.5 Подготовка технологической информации

Для механической обработки заготовок на многоцелевых станках рекомендуются следующие технологические документы:

- 9) технологический чертеж обрабатываемой детали;
- 10) карта наладки;
- 11) расчетно-технологическая карта исходных данных обрабатываемых поверхностей;
- 12) карта программирования.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей в информацию, управляющую перемещениями рабочих органов станка, необходимо произвести перерасчет чертежных размеров на координаты относительно координатной системы детали. Для этого выбирают нулевую точку детали (НД) и задают координатную систему, оси которой параллельны осям перемещения рабочих органов станка, имеют одинаковые с ним направления и совмещены с установочными базовыми поверхностями деталей (рис. 3.1 г, в). Желательно, чтобы установочные базы были обработанными и являлись конструкторскими.

Иногда для уменьшения пути холостых (позиционирующих) ходов целесообразно НД (точка O_1) выбрать на продольной оси основного отверстия (рис. 3.1б, г) на определенном расстоянии от торцевой поверхности детали.

На рис. 3.2г размеры z_1, z_2, z_3, z_4 необходимы для программирования пути движения инструментов, принимающих участие в обработке.

При обработке на станках с ЧПУ поля рассеяния размеров обычно располагаются симметрично относительно номинальных значений, поэтому программируемые размеры с несимметричными допускаемыми отклонениями должны быть пересчитаны с учетом заданных на чертеже отклонений. Например, размер $140^{+0,05}_{+0,15}$ (рис 3.3) при программировании пересчитывается следующим образом $\frac{140 + (0,05 + 0,15)}{2} = 140,1$ мм. При симметричных допускаемых отклонениях перерасчет не требуется.

Переработанный чертеж с указанием на нем последовательности обработки отдельных поверхностей является технологическим чертежом обрабатываемой детали.

Если обработка корпусной детали производится с нескольких сторон последовательно, с помощью поворота стола станка, то технологический чертеж составляется для каждой обрабатываемой стороны.

На технологическом чертеже каждая обрабатываемая поверхность нумеруется порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами.

Карта наладки, расчетно-технологические карты исходных данных и программирования составлены и представлены в конце настоящих методических указаний для обработки одной конкретной детали.

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки заготовок на обрабатывающих центрах (ОЦ) вообще и в, частности на станке 6904ВМФ2, можно свести к следующему.

Единую постоянную установочную базу подготавливают и используют на всех этапах обработки. Базирование заготовки при обработке на ОЦ обычно осуществляется по трем плоскостям на столе станка или по одной плоскости и двум отверстиям. Базовые поверхности целесообразно обрабатывать на предшествующих операциях на универсальных станках.

Обработку деталей со всех сторон целесообразно производить с одной установки заготовки с максимальным использованием возможности поворотного стола станка.

Каждый элемент сложной поверхности (ступенчатой или фасонной) необходимо, по возможности, обрабатывать гостированным или нормализованным инструментом.

Ввиду того, что на станках ОЦ обработку заготовок ведут без кондукторов (возможен увод сверла), рекомендуется перед сверлением отверстий диаметром до 20 мм предусматривать центрование. Центрование производится короткими спиральными сверлами диаметром 10...12 мм с углом при вершине 90°, или центровыми комбинированными сверлами диаметром 4...8 мм.

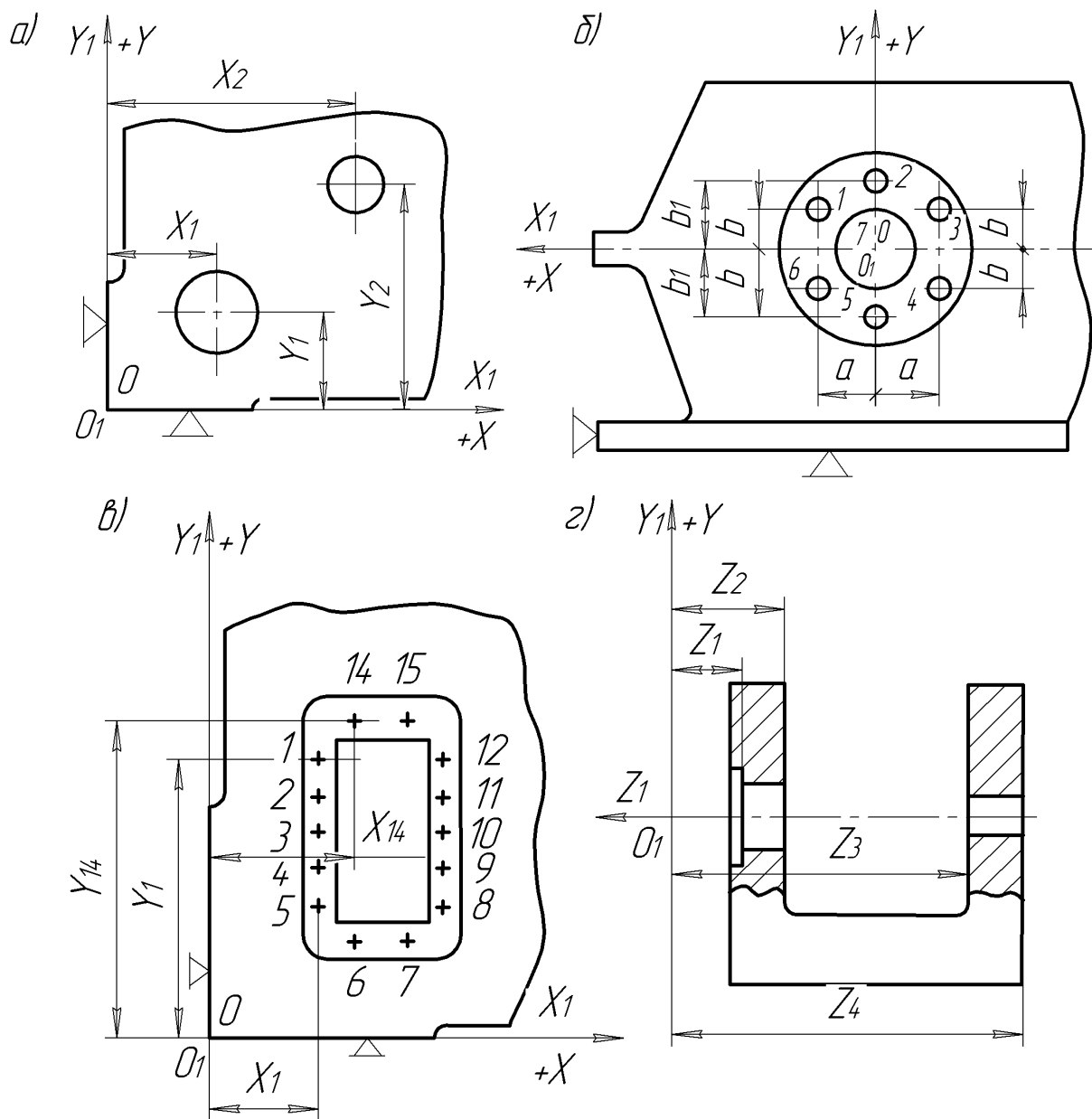


Рис. 3.2

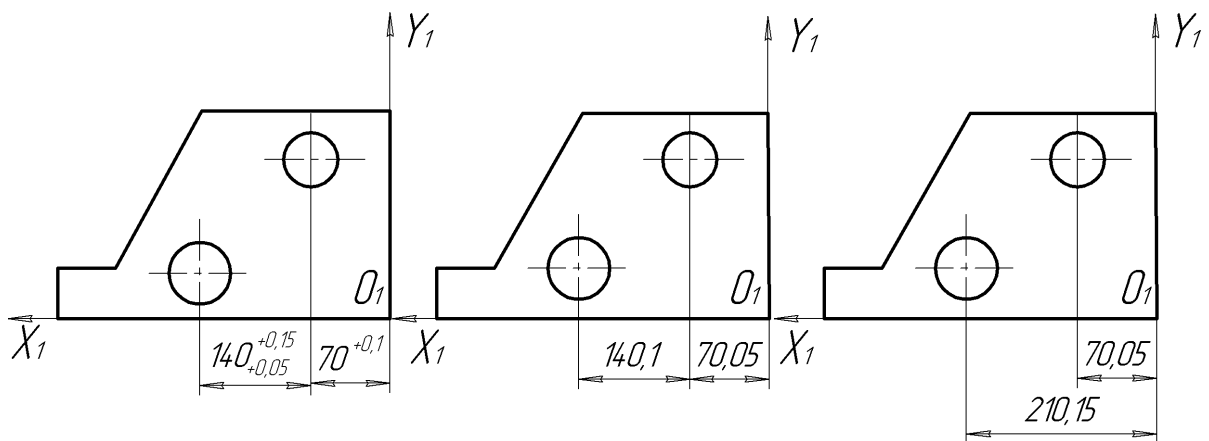


Рис. 3.3

При сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% от расчетной и предусматривать вывод сверла. При глубине сверления 5, 10 и 15 диаметров число выводов соответственно должно быть равно 1...2, 4...5, 7...10.

Литые отверстия диаметром больше 30 мм целесообразно обрабатывать черновым и чистовым растачиванием.

Внутренние канавки (полости) растачивают с помощью специальных расточных оправок с радиальным выдвижением резца при упоре в торец детали.

При обработке детали с нескольких сторон с одной установки рекомендуется переходить к следующему этапу после выполнения предыдущего на всех рабочих сторонах детали.

Последовательность обработки отверстий и смена инструмента определяется принципом кратчайшего пути.

Обработка ряда одинаковых отверстий несколькими инструментами программируется в следующем порядке:

- 1) обработка всех отверстий одним инструментом со всех сторон;
- 2) обработка всех отверстий вторым инструментом со всех сторон и т.д.

3.6 Начало отсчета координатной системы станка

Процесс совмещения нулевых точек осей X и Y (смещение «плавающего» нуля станка) с НД производится непосредственно от опорных (базовых) поверхностей базирующих элементов установленного на поворотном столе приспособления для обработки заготовки.

Установленный в конус шпинделя ловитель при медленном перемещении стола, затем шпиндельной бабки вводится в соприкосновение с поверхностями базирующих элементов, затем с помощью цифровой индикации станка определяются фактические координаты оси шпинделя относительно опорных поверхностей. Полученные значения с учетом диаметра ловителя вводятся декадными переключателями «смещение нуля» с отметками X и Y в систему управления, чем и обеспечивается смещение нуля станка с НД. После этого автоматически отсчет координат опорных точек будет вестись из точки НД.

При известном значении координаты X оси поворота стола координаты опорных точек на поверхностях детали должны быть рассчитаны от базовой системы XOY . При этом следует учесть, что однажды выбранная координатная система (XOY) при повороте стола свое местонахождение относительно неподвижных частей станка не меняет.

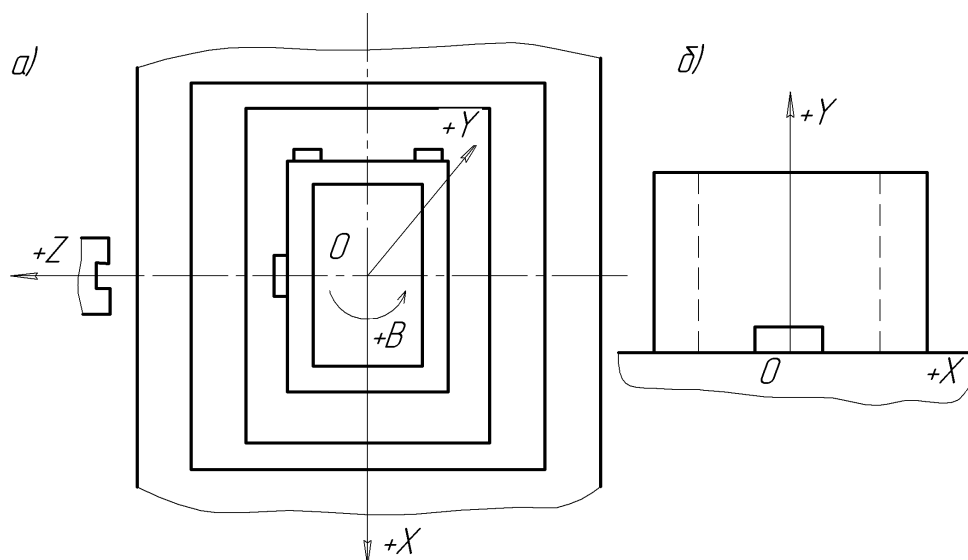


Рис. 3.4

Иногда при обработке корпусных деталей целесообразно начало координатной системы станка задавать в геометрическом центре поворотного стола на оси поворота (рис. 3.4а). В этом случае смещение нуля станка производится специальными измерениями, данные которых при помощи декадных переключателей вводятся в систему управления. При составлении программы координаты опорных точек обрабатываемых поверхностей задаются относительно системы XOY , начало которой находится в нижней опорной поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 3.4б).

При упрощении программирования часто повторяющихся технологических циклов в технологическом чертеже следует задавать базовую нулевую плоскость, которая должна иметь определенное расстояние от ближайшей к торцу шпинделя поверхности обрабатываемой заготовки и быть перпендикулярной оси Z .

Как правило, смещение начала отсчета по оси Z задается в базовой нулевой плоскости, то есть в нулевой плоскости $Z = 0$.

Расположив торец шпинделя в выбранную нулевую плоскость, на панели управления станка по цифровой индикации определяется значение

смещения нуля оси Z , которое декадными переключателями вводится в систему управления.

Положение базовой нулевой плоскости (рис. 3.5, 1-1) определяется выражением

$$H = h + \delta,$$

где h – расстояние от нижней режущей кромки до нижней точки инструмента, мм;

δ – зазор, обеспечивающий свободное относительное перемещение детали и инструмента, мм. Обычно $\delta = 0,5 \dots 1$ мм.

При расчете значения H следует учесть также положительные отклонения на размер A заготовки.

Ось R совмещена с осью Z , значения R_1 и R_2 рассматриваются как составляющие перемещений на оси Z , которые отрабатываются быстрым ходом в режиме грубого позиционирования. По адресу Z программируется перемещение на рабочей подаче, определяющее глубину обработки с учетом врезания и перебега инструмента.

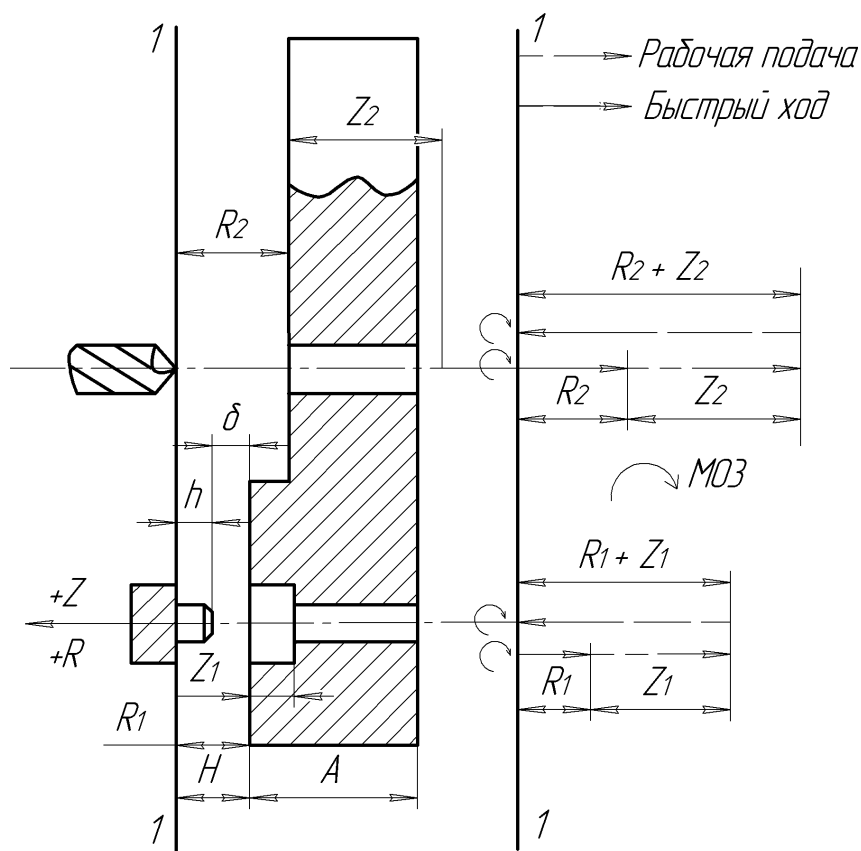


Рис. 3.5

Как уже было сказано, базовая нулевая плоскость выбирается, исходя из свободного относительного перемещения инструмента и детали. При обработке заготовки с нескольких сторон нулевая плоскость в случае, если она смещается в программе, должна быть задана с учетом стороны, расположенной на максимальном радиусе относительно центра поворотного стола. То есть, расстояние между нулевой плоскостью и данной поверхностью следует выбрать таким, чтобы после поворота стола образовался достаточный промежуток между плоскостью и новой поверхностью для свободного перемещения инструментов при позиционировании.

При обработке постоянными циклами (о чем будет сказано ниже) до начала и после завершения цикла нижняя режущая кромка инструмента всегда находится в базовой нулевой плоскости.

Для повышения производительности обработки при отработке стандартных циклов система ЧПУ «Размер-2М» позволяет смещение нулевой плоскости по оси R , которое выполняется в режимах $G64$ при движении к заготовке и $G63$ при движении от заготовки.

Кадр, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит функции $G53$, $G63$ ($G64$) и функцию R с шестью цифрами, определяющими значение смещения в 10^{-2} мм.

Функции $G63$ и $G64$ применяются также для смещения торца шпинделя от нулевой плоскости Z . $G64$ при движении к нулевой плоскости ($-Z$); $G63$ – от нулевой плоскости ($+Z$).

Установка поворотного стола в нулевое положение поворота производится по лимбу станка до начала обработки.

3.7 Виды работ, выполняемых на станке

Центрование отверстий является обязательным переходом перед сверлением отверстий в сплошном материале. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся от обычных спиральных сверл более высокой жесткостью. Схема центрования показана на рис. 3.6.

Предварительное центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении за счет исключения из работы перемычки сверла.

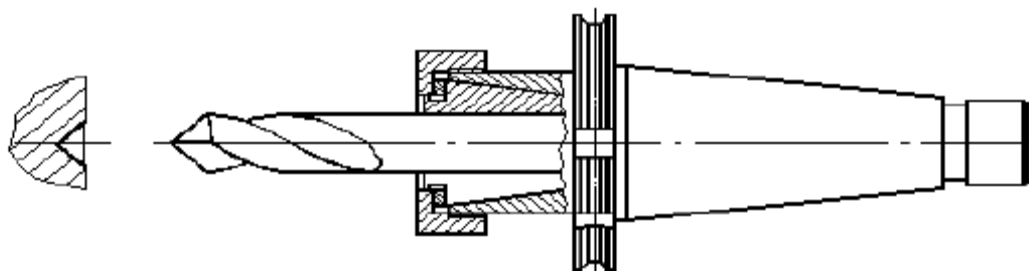


Рис. 3.6 .Центрование отверстия

Кроме того, центрование позволяет иногда исключить обработку фаски в отверстии (рис. 3.7). Наибольший диаметр сверления по стали ($\sigma_s = 600 \text{ Н/мм}^2$) - 12 мм.

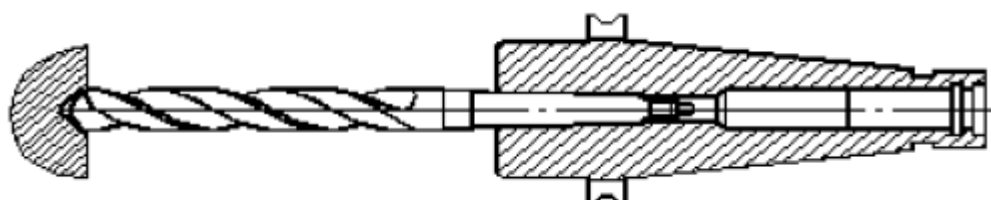


Рис. 3.7. Сверление отверстия

Фрезерование плоскостей производится торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.8). Каких-либо особенностей не имеет, за исключением того, что с целью уменьшения диаметра используемых фрез применяется фрезерование широких поверхностей концевыми фрезами.

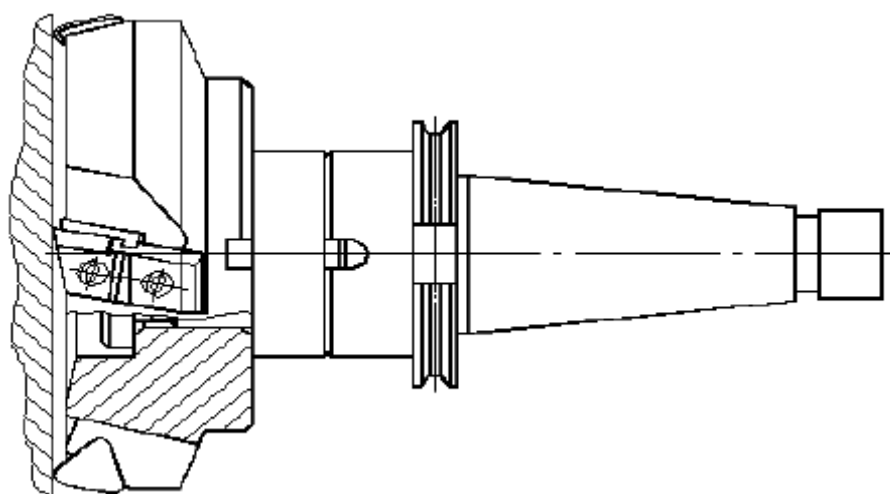


Рис. 3.8. Фрезерование торцовой фрезой

Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей. Точность при обработке плоскостей: до 7 квалитета точности, шероховатость до $Ra\ 1,25$, отклонение от плоскостности не менее 5 мкм. Для окончательной обработки плоскостей используется тонкое фрезерование однозубыми эльборовыми фрезами.

Точность и шероховатость обработанной плоскости при этом соответствуют окончательному шлифованию.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание. По сравнению с зенкерованием и развертыванием этот метод обеспечивает более высокую точность координатных размеров отверстий.

Растачивание производится консольными оправками (рис. 3.9), что ограничивает его применение при обработке отверстий, расположенных во внутренних стенках детали. Наибольший диаметр растачивания - 60 мм.

Точность отверстий, получаемых растачиванием: квалитет точности - 7; отклонение от круглости - 3 мкм; отклонение от цилиндричности - 4 мкм; точность межосевых расстояний - 10 мкм; шероховатость обработанного отверстия $Ra - 1,25$ мкм.

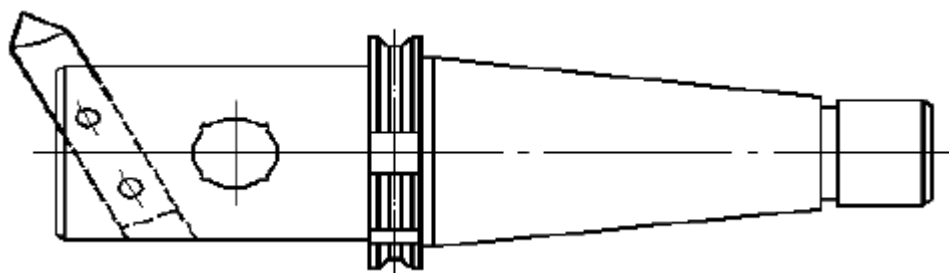


Рис. 3.9. Оправка для черного растачивания отверстий

При чистовом и тонком растачивании используются расточные оправки с микрометрической регулировкой резцовых вставок (рис. 3.10).

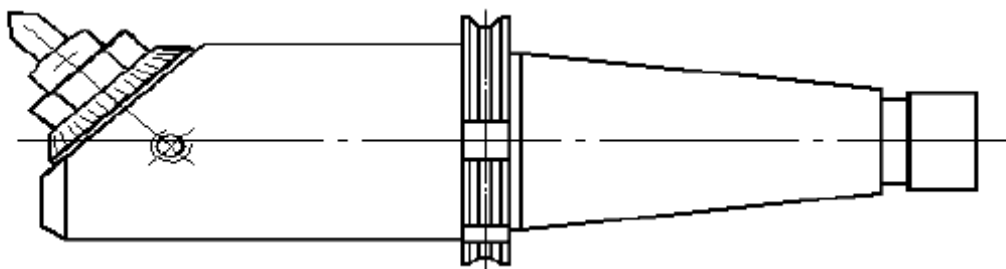


Рис. 3.10. Расточная оправка с микрометрической регулировкой

Для уменьшения числа типоразмеров инструментов для обработки отверстий в качестве чернового и чистового методов используется контурное фрезерование отверстий концевыми фрезами. Движение фрезы по окружности обеспечивается согласованными движениями заготовки по осям X и Y .

Точность обеспечиваемая контурным фрезерованием отверстий: качество точности - 9; отклонение от круглости - 15 мкм; шероховатость Ra – 2,5 мкм.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более 4 сторон обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси (координата W). Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы произвести обработку за минимальное число переустановок. Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Возможность обработки конкретной детали на станке модели 6904ВМФ2 определяется на основе сопоставления характеристик детали с технологическими возможностями станка. При этом сравниваются габари-

ты детали с размерами рабочего пространства станка. Размеры обрабатываемой поверхности должны соответствовать длинам рабочего хода исполнительных органов станка. Точность обработки на станке детали должна быть выше точности поверхностей детали. Конструкция детали должна быть технологичной применительно к условиям ее обработки на многоцелевых станках. Число технологических переходов, необходимых для обработки данной детали должно быть меньше числа инструментов, устанавливаемых в магазин.

Если конструкция детали не позволяет обработать ее с одной установки, то необходимо рассмотреть возможности обработки детали в двух и более технологических операциях. После отбора деталей для обработки следует привести укрупненные технологические маршруты со схемами базирования заготовок. В выводах по работе указываются детали, которые возможно обработать в одной технологической операции, в двух, трех и те, которые не могут быть обработаны на данном станке. При этом приводится обоснование для каждой из рассматриваемых деталей.

3.8 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) ознакомиться со всеми разделами методических указаний по выполнению лабораторной работы;
- 2) изучить компоновку станка, назначение его основных составных частей;
- 3) изучить расположение координатных осей станка;
- 4) ознакомиться с техническими характеристиками многоцелевого станка и устройства ЧПУ;
- 5) изучить виды работ, выполняемых на станке, и кинематику движений, необходимых для этого;
- 6) из предлагаемых корпусных деталей подобрать номенклатуру деталей для обработки на данном станке, при этом выделить группы деталей, которые возможно обработать за одну технологическую операцию.

7) сделать вывод по работе.

3.9 Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № 3 должен содержать следующие разделы:

- 1) основные составные части станка, их назначение;
- 2) характеристики рабочего пространства;
- 3) кинематические и динамические характеристики;
- 4) основные точностные характеристики;
- 5) методы обработки, возможные при обработке заготовок на станке модели 6904ВМФ2;
- 6) укрупненные маршруты обработки деталей;
- 7) выводы с обоснованием возможностей использования станка для обработки предлагаемой номенклатуры деталей.

3.10 Вопросы для самопроверки

3.1.1 Каково назначение многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2?

3.1.2 Основные технологические возможности станка;

3.1.3 Основные характеристики станка;

3.1.4 Какие виды обработки возможно производить на данном оборудовании?

3.1.5 Какими особенностями конструкции деталей ограничиваются возможности их обработки на станке 6904ВМФ2?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

Изучение конструкции многооперационного станка модели 6902 с системой ЧПУ

3.5 Подготовка технологической информации

Для механической обработки заготовок на многоцелевых станках рекомендуются следующие технологические документы:

- 13) технологический чертеж обрабатываемой детали;
- 14) карта наладки;
- 15) расчетно-технологическая карта исходных данных обрабатываемых поверхностей;
- 16) карта программирования.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей в информацию, управляющую перемещениями рабочих органов станка, необходимо произвести перерасчет чертежных размеров на координаты относительно координатной системы детали. Для этого выбирают нулевую точку детали (НД) и задают координатную систему, оси которой параллельны осям перемещения рабочих органов станка, имеют одинаковые с ним направления и совмещены с установочными базовыми поверхностями деталей (рис. 3.1 г, в). Желательно, чтобы установочные базы были обработанными и являлись конструкторскими.

Иногда для уменьшения пути холостых (позиционирующих) ходов целесообразно НД (точка O_1) выбрать на продольной оси основного отверстия (рис. 3.1б, г) на определенном расстоянии от торцевой поверхности детали.

На рис. 3.2г размеры z_1, z_2, z_3, z_4 необходимы для программирования пути движения инструментов, принимающих участие в обработке.

При обработке на станках с ЧПУ поля рассеяния размеров обычно располагаются симметрично относительно номинальных значений, поэтому программируемые размеры с несимметричными допускаемыми отклонениями должны быть пересчитаны с учетом заданных на чертеже отклонений. Например, размер $140^{+0,05}_{+0,15}$ (рис 3.3) при программировании пересчи-

тывается следующим образом $\frac{140 + (0,05 + 0,15)}{2} = 140,1$ мм. При симметричных допускаемых отклонениях перерасчет не требуется.

Переработанный чертеж с указанием на нем последовательности обработки отдельных поверхностей является технологическим чертежом обрабатываемой детали.

Если обработка корпусной детали производится с нескольких сторон последовательно, с помощью поворота стола станка, то технологический чертеж составляется для каждой обрабатываемой стороны.

На технологическом чертеже каждая обрабатываемая поверхность нумеруется порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами.

Карта наладки, расчетно-технологические карты исходных данных и программирования составлены и представлены в конце настоящих методических указаний для обработки одной конкретной детали.

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки заготовок на обрабатывающих центрах (ОЦ) вообще и в, частности на станке 6904ВМФ2, можно свести к следующему.

Единую постоянную установочную базу подготавливают и используют на всех этапах обработки. Базирование заготовки при обработке на ОЦ обычно осуществляется по трем плоскостям на столе станка или по одной плоскости и двум отверстиям. Базовые поверхности целесообразно обрабатывать на предшествующих операциях на универсальных станках.

Обработку деталей со всех сторон целесообразно производить с одной установки заготовки с максимальным использованием возможности поворотного стола станка.

Каждый элемент сложной поверхности (ступенчатой или фасонной) необходимо, по возможности, обрабатывать гостированным или нормализованным инструментом.

Ввиду того, что на станках ОЦ обработку заготовок ведут без кондукторов (возможен увод сверла), рекомендуется перед сверлением отверстий диаметром до 20 мм предусматривать центрование. Центрование производится короткими спиральными сверлами диаметром 10...12 мм с

углом при вершине 90° , или центровыми комбинированными сверлами диаметром 4...8 мм.

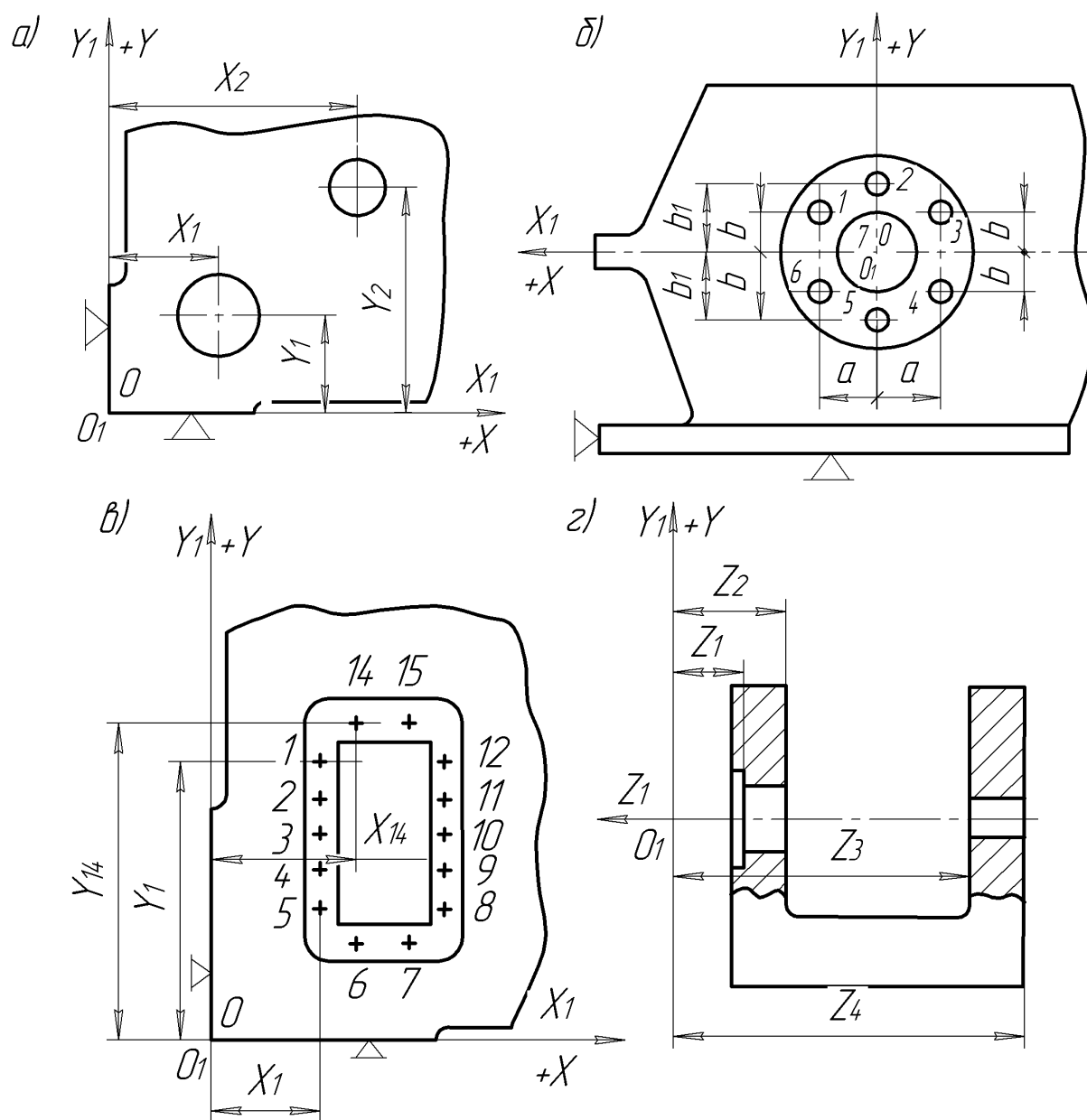


Рис. 3.2

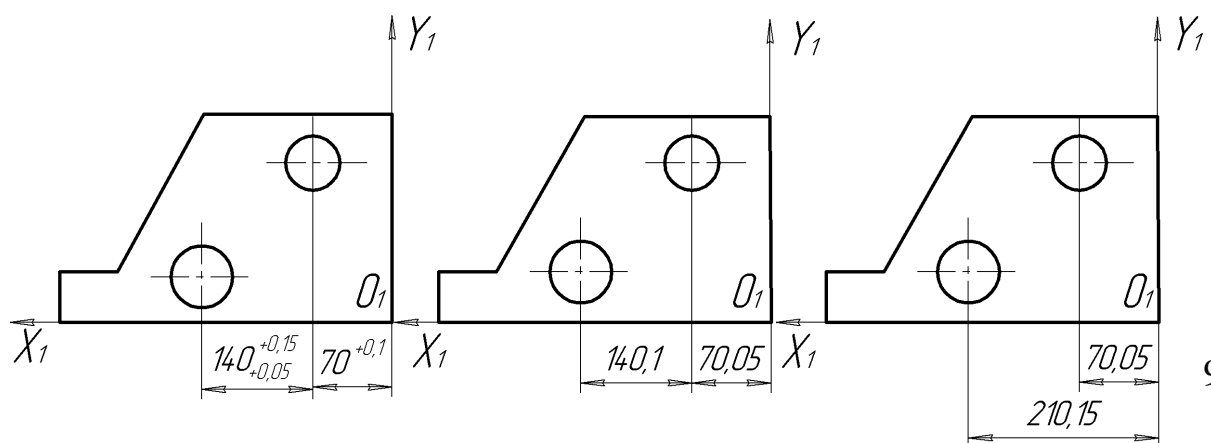


Рис. 3.3

При сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% от расчетной и предусматривать вывод сверла. При глубине сверления 5, 10 и 15 диаметров число выводов соответственно должно быть равно 1...2, 4...5, 7...10.

Литые отверстия диаметром больше 30 мм целесообразно обрабатывать черновым и чистовым растачиванием.

Внутренние канавки (полости) растачивают с помощью специальных расточных оправок с радиальным выдвижением резца при упоре в торец детали.

При обработке детали с нескольких сторон с одной установки рекомендуется переходить к следующему этапу после выполнения предыдущего на всех рабочих сторонах детали.

Последовательность обработки отверстий и смена инструмента определяется принципом кратчайшего пути.

Обработка ряда одинаковых отверстий несколькими инструментами программируется в следующем порядке:

- 1) обработка всех отверстий одним инструментом со всех сторон;
- 2) обработка всех отверстий вторым инструментом со всех сторон и т.д.

3.6 Начало отсчета координатной системы станка

Процесс совмещения нулевых точек осей X и Y (смещение «плавающего» нуля станка) с НД производится непосредственно от опорных (базовых) поверхностей базирующих элементов установленного на поворотном столе приспособления для обработки заготовки.

Установленный в конус шпинделя ловитель при медленном перемещении стола, затем шпиндельной бабки вводится в соприкосновение с поверхностями базирующих элементов, затем с помощью цифровой индикации станка определяются фактические координаты оси шпинделя относительно опорных поверхностей. Полученные значения с учетом диаметра ловителя вводятся декадными переключателями «смещение нуля» с отметками X и Y в систему управления, чем и обеспечивается смещение нуля станка с НД. После этого автоматически отсчет координат опорных точек будет вестись из точки НД.

При известном значении координаты X оси поворота стола координаты опорных точек на поверхностях детали должны быть рассчитаны от базовой системы XOY . При этом следует учесть, что однажды выбранная координатная система (XOY) при повороте стола свое местонахождение относительно неподвижных частей станка не меняет.

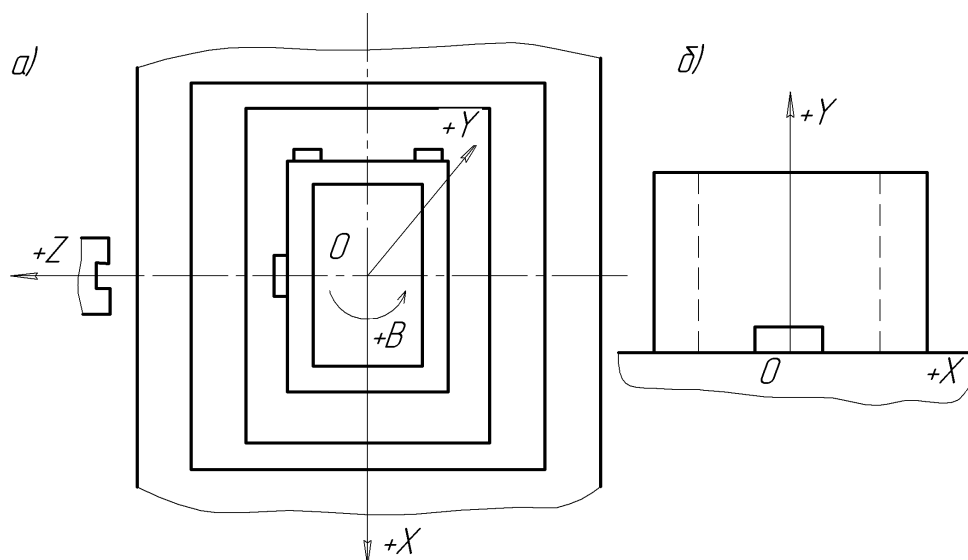


Рис. 3.4

Иногда при обработке корпусных деталей целесообразно начало координатной системы станка задавать в геометрическом центре поворотного стола на оси поворота (рис. 3.4а). В этом случае смещение нуля станка производится специальными измерениями, данные которых при помощи декадных переключателей вводятся в систему управления. При составлении программы координаты опорных точек обрабатываемых поверхностей задаются относительно системы XOY , начало которой находится в нижней опорной поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 3.4б).

При упрощении программирования часто повторяющихся технологических циклов в технологическом чертеже следует задавать базовую нулевую плоскость, которая должна иметь определенное расстояние от ближайшей к торцу шпинделя поверхности обрабатываемой заготовки и быть перпендикулярной оси Z .

Как правило, смещение начала отсчета по оси Z задается в базовой нулевой плоскости, то есть в нулевой плоскости $Z = 0$.

Расположив торец шпинделя в выбранную нулевую плоскость, на панели управления станка по цифровой индикации определяется значение

смещения нуля оси Z , которое декадными переключателями вводится в систему управления.

Положение базовой нулевой плоскости (рис. 3.5, 1-1) определяется выражением

$$H = h + \delta,$$

где h – расстояние от нижней режущей кромки до нижней точки инструмента, мм;

δ – зазор, обеспечивающий свободное относительное перемещение детали и инструмента, мм. Обычно $\delta = 0,5 \dots 1$ мм.

При расчете значения H следует учесть также положительные отклонения на размер A заготовки.

Ось R совмещена с осью Z , значения R_1 и R_2 рассматриваются как составляющие перемещений на оси Z , которые отрабатываются быстрым ходом в режиме грубого позиционирования. По адресу Z программируется перемещение на рабочей подаче, определяющее глубину обработки с учетом врезания и перебега инструмента.

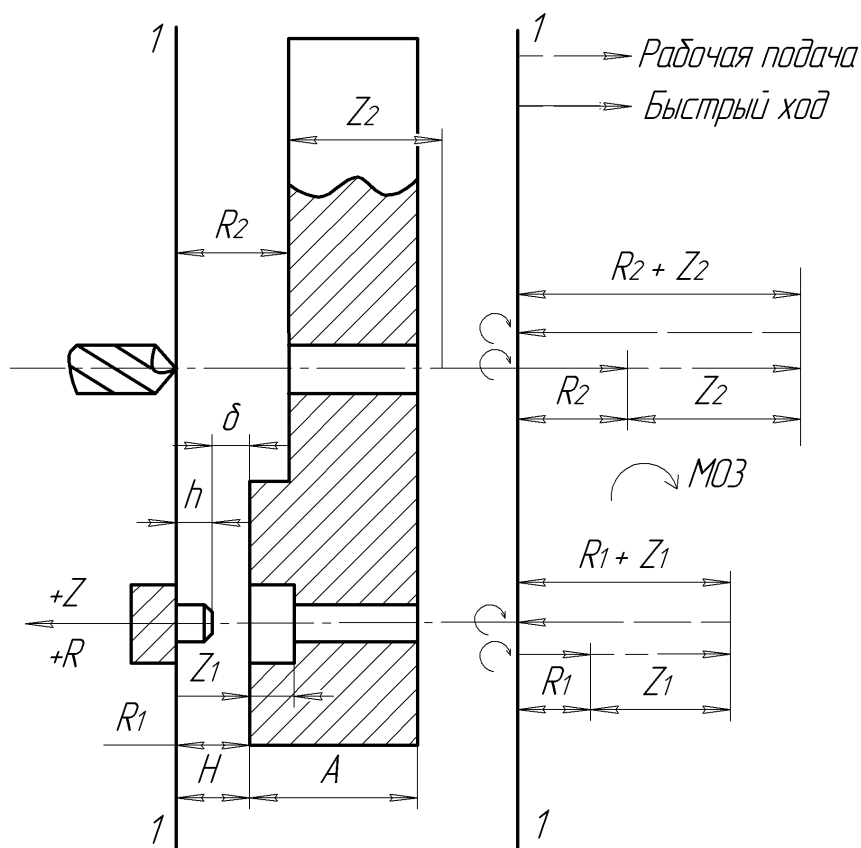


Рис. 3.5

Как уже было сказано, базовая нулевая плоскость выбирается, исходя из свободного относительного перемещения инструмента и детали. При обработке заготовки с нескольких сторон нулевая плоскость в случае, если она смещается в программе, должна быть задана с учетом стороны, расположенной на максимальном радиусе относительно центра поворотного стола. То есть, расстояние между нулевой плоскостью и данной поверхностью следует выбрать таким, чтобы после поворота стола образовался достаточный промежуток между плоскостью и новой поверхностью для свободного перемещения инструментов при позиционировании.

При обработке постоянными циклами (о чем будет сказано ниже) до начала и после завершения цикла нижняя режущая кромка инструмента всегда находится в базовой нулевой плоскости.

Для повышения производительности обработки при отработке стандартных циклов система ЧПУ «Размер-2М» позволяет смещение нулевой плоскости по оси R , которое выполняется в режимах $G64$ при движении к заготовке и $G63$ при движении от заготовки.

Кадр, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит функции $G53$, $G63$ ($G64$) и функцию R с шестью цифрами, определяющими значение смещения в 10^{-2} мм.

Функции $G63$ и $G64$ применяются также для смещения торца шпинделя от нулевой плоскости Z . $G64$ при движении к нулевой плоскости ($-Z$); $G63$ – от нулевой плоскости ($+Z$).

Установка поворотного стола в нулевое положение поворота производится по лимбу станка до начала обработки.

3.7 Виды работ, выполняемых на станке

Центрование отверстий является обязательным переходом перед сверлением отверстий в сплошном материале. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся от обычных спиральных сверл более высокой жесткостью. Схема центрования показана на рис. 3.6.

Предварительное центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении за счет исключения из работы перемычки сверла.

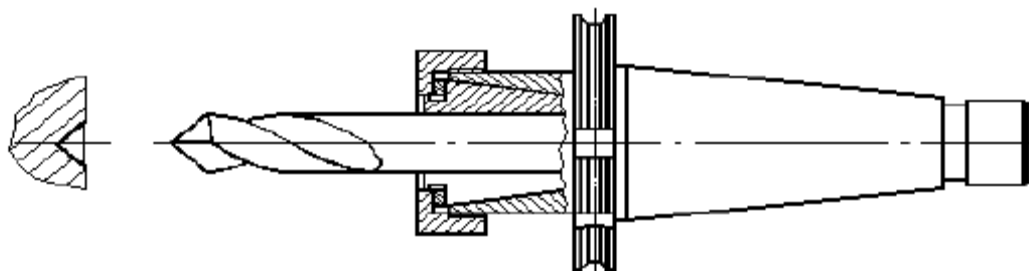


Рис. 3.6 .Центрование отверстия

Кроме того, центрование позволяет иногда исключить обработку фаски в отверстии (рис. 3.7). Наибольший диаметр сверления по стали ($\sigma_s = 600 \text{ Н/мм}^2$) - 12 мм.

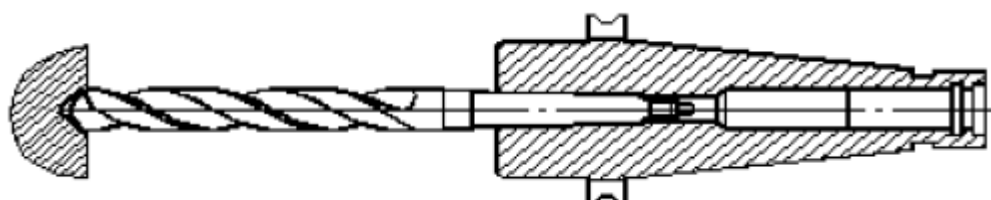


Рис. 3.7. Сверление отверстия

Фрезерование плоскостей производится торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.8). Каких-либо особенностей не имеет, за исключением того, что с целью уменьшения диаметра используемых фрез применяется фрезерование широких поверхностей концевыми фрезами.

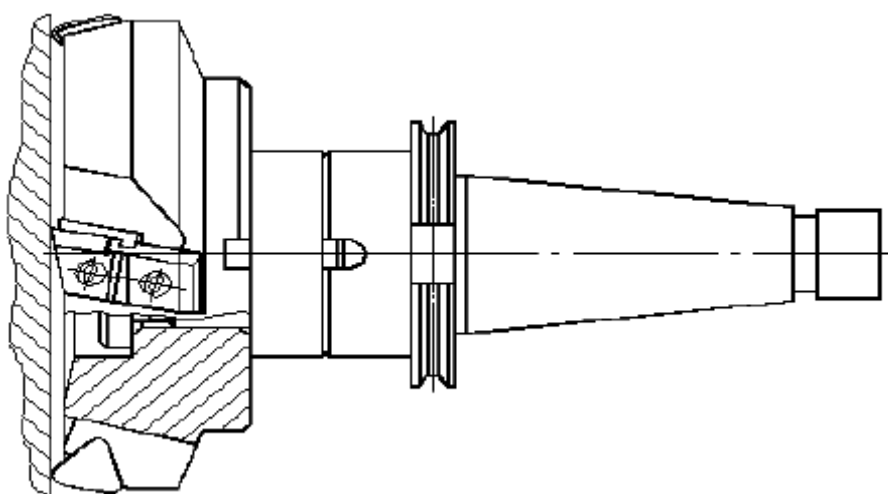


Рис. 3.8. Фрезерование торцовой фрезой

Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей. Точность при обработке плоскостей: до 7 квалитета точности, шероховатость до $Ra\ 1,25$, отклонение от плоскостности не менее 5 мкм. Для окончательной обработки плоскостей используется тонкое фрезерование однозубыми эльборовыми фрезами.

Точность и шероховатость обработанной плоскости при этом соответствуют окончательному шлифованию.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание. По сравнению с зенкерованием и развертыванием этот метод обеспечивает более высокую точность координатных размеров отверстий.

Растачивание производится консольными оправками (рис. 3.9), что ограничивает его применение при обработке отверстий, расположенных во внутренних стенках детали. Наибольший диаметр растачивания - 60 мм.

Точность отверстий, получаемых растачиванием: квалитет точности - 7; отклонение от круглости - 3 мкм; отклонение от цилиндричности - 4 мкм; точность межосевых расстояний - 10 мкм; шероховатость обработанного отверстия $Ra - 1,25$ мкм.

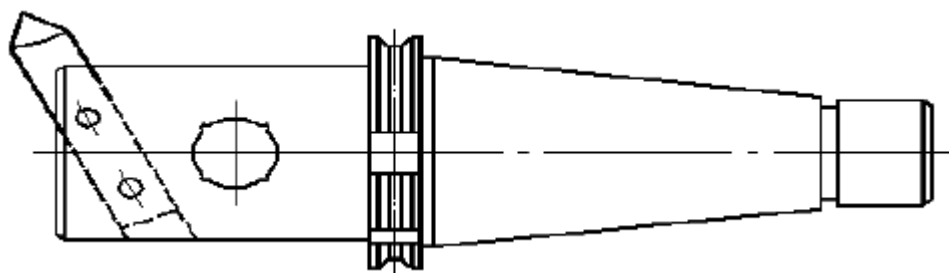


Рис. 3.9. Оправка для черного растачивания отверстий

При чистовом и тонком растачивании используются расточные оправки с микрометрической регулировкой резцовых вставок (рис. 3.10).

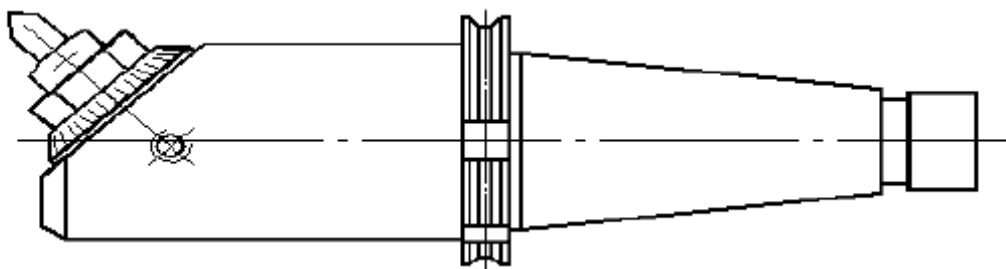


Рис. 3.10. Расточная оправка с микрометрической регулировкой

Для уменьшения числа типоразмеров инструментов для обработки отверстий в качестве чернового и чистового методов используется контурное фрезерование отверстий концевыми фрезами. Движение фрезы по окружности обеспечивается согласованными движениями заготовки по осям X и Y .

Точность обеспечиваемая контурным фрезерованием отверстий: качество точности - 9; отклонение от круглости - 15 мкм; шероховатость Ra – 2,5 мкм.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более 4 сторон обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси (координата W). Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы произвести обработку за минимальное число переустановок. Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Возможность обработки конкретной детали на станке модели 6904ВМФ2 определяется на основе сопоставления характеристик детали с технологическими возможностями станка. При этом сравниваются габари-

ты детали с размерами рабочего пространства станка. Размеры обрабатываемой поверхности должны соответствовать длинам рабочего хода исполнительных органов станка. Точность обработки на станке детали должна быть выше точности поверхностей детали. Конструкция детали должна быть технологичной применительно к условиям ее обработки на многоцелевых станках. Число технологических переходов, необходимых для обработки данной детали должно быть меньше числа инструментов, устанавливаемых в магазин.

Если конструкция детали не позволяет обработать ее с одной установки, то необходимо рассмотреть возможности обработки детали в двух и более технологических операциях. После отбора деталей для обработки следует привести укрупненные технологические маршруты со схемами базирования заготовок. В выводах по работе указываются детали, которые возможно обработать в одной технологической операции, в двух, трех и те, которые не могут быть обработаны на данном станке. При этом приводится обоснование для каждой из рассматриваемых деталей.

3.8 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) ознакомиться со всеми разделами методических указаний по выполнению лабораторной работы;
- 2) изучить компоновку станка, назначение его основных составных частей;
- 3) изучить расположение координатных осей станка;
- 4) ознакомиться с техническими характеристиками многоцелевого станка и устройства ЧПУ;
- 5) изучить виды работ, выполняемых на станке, и кинематику движений, необходимых для этого;
- 6) из предлагаемых корпусных деталей подобрать номенклатуру деталей для обработки на данном станке, при этом выделить группы деталей, которые возможно обработать за одну технологическую операцию.

7) сделать вывод по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

Изучение системы управления станка 6902 с ЧПУ типа "Размер 2"2P22 Составление управляющей программы

3.5 Подготовка технологической информации

Для механической обработки заготовок на многоцелевых станках рекомендуются следующие технологические документы:

- 17) технологический чертеж обрабатываемой детали;
- 18) карта наладки;
- 19) расчетно-технологическая карта исходных данных обрабатываемых поверхностей;
- 20) карта программирования.

Чтобы преобразовать информацию о геометрическом расположении обрабатываемых поверхностей в информацию, управляющую перемещениями рабочих органов станка, необходимо произвести перерасчет чертежных размеров на координаты относительно координатной системы детали. Для этого выбирают нулевую точку детали (НД) и задают координатную систему, оси которой параллельны осям перемещения рабочих органов станка, имеют одинаковые с ним направления и совмещены с установочными базовыми поверхностями деталей (рис. 3.1 г, в). Желательно, чтобы установочные базы были обработанными и являлись конструкторскими.

Иногда для уменьшения пути холостых (позиционирующих) ходов целесообразно НД (точка O_1) выбрать на продольной оси основного отверстия (рис. 3.1б, г) на определенном расстоянии от торцевой поверхности детали.

На рис. 3.2г размеры z_1, z_2, z_3, z_4 необходимы для программирования пути движения инструментов, принимающих участие в обработке.

При обработке на станках с ЧПУ поля рассеяния размеров обычно располагаются симметрично относительно номинальных значений, поэтому программируемые размеры с несимметричными допускаемыми отклонениями должны быть пересчитаны с учетом заданных на чертеже отклонений. Например, размер $140^{+0,05}_{+0,15}$ (рис 3.3) при программировании пересчи-

тывается следующим образом $\frac{140 + (0,05 + 0,15)}{2} = 140,1$ мм. При симметричных допускаемых отклонениях перерасчет не требуется.

Переработанный чертеж с указанием на нем последовательности обработки отдельных поверхностей является технологическим чертежом обрабатываемой детали.

Если обработка корпусной детали производится с нескольких сторон последовательно, с помощью поворота стола станка, то технологический чертеж составляется для каждой обрабатываемой стороны.

На технологическом чертеже каждая обрабатываемая поверхность нумеруется порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, рекомендуется нумеровать последовательными номерами.

Карта наладки, расчетно-технологические карты исходных данных и программирования составлены и представлены в конце настоящих методических указаний для обработки одной конкретной детали.

Основные принципы построения технологических процессов механической обработки заготовок на обрабатывающих центрах (ОЦ) вообще и в, частности на станке 6904ВМФ2, можно свести к следующему.

Единую постоянную установочную базу подготавливают и используют на всех этапах обработки. Базирование заготовки при обработке на ОЦ обычно осуществляется по трем плоскостям на столе станка или по одной плоскости и двум отверстиям. Базовые поверхности целесообразно обрабатывать на предшествующих операциях на универсальных станках.

Обработку деталей со всех сторон целесообразно производить с одной установки заготовки с максимальным использованием возможности поворотного стола станка.

Каждый элемент сложной поверхности (ступенчатой или фасонной) необходимо, по возможности, обрабатывать гостированным или нормализованным инструментом.

Ввиду того, что на станках ОЦ обработку заготовок ведут без кондукторов (возможен увод сверла), рекомендуется перед сверлением отверстий диаметром до 20 мм предусматривать центрование. Центрование производится короткими спиральными сверлами диаметром 10...12 мм с

углом при вершине 90° , или центровыми комбинированными сверлами диаметром 4...8 мм.

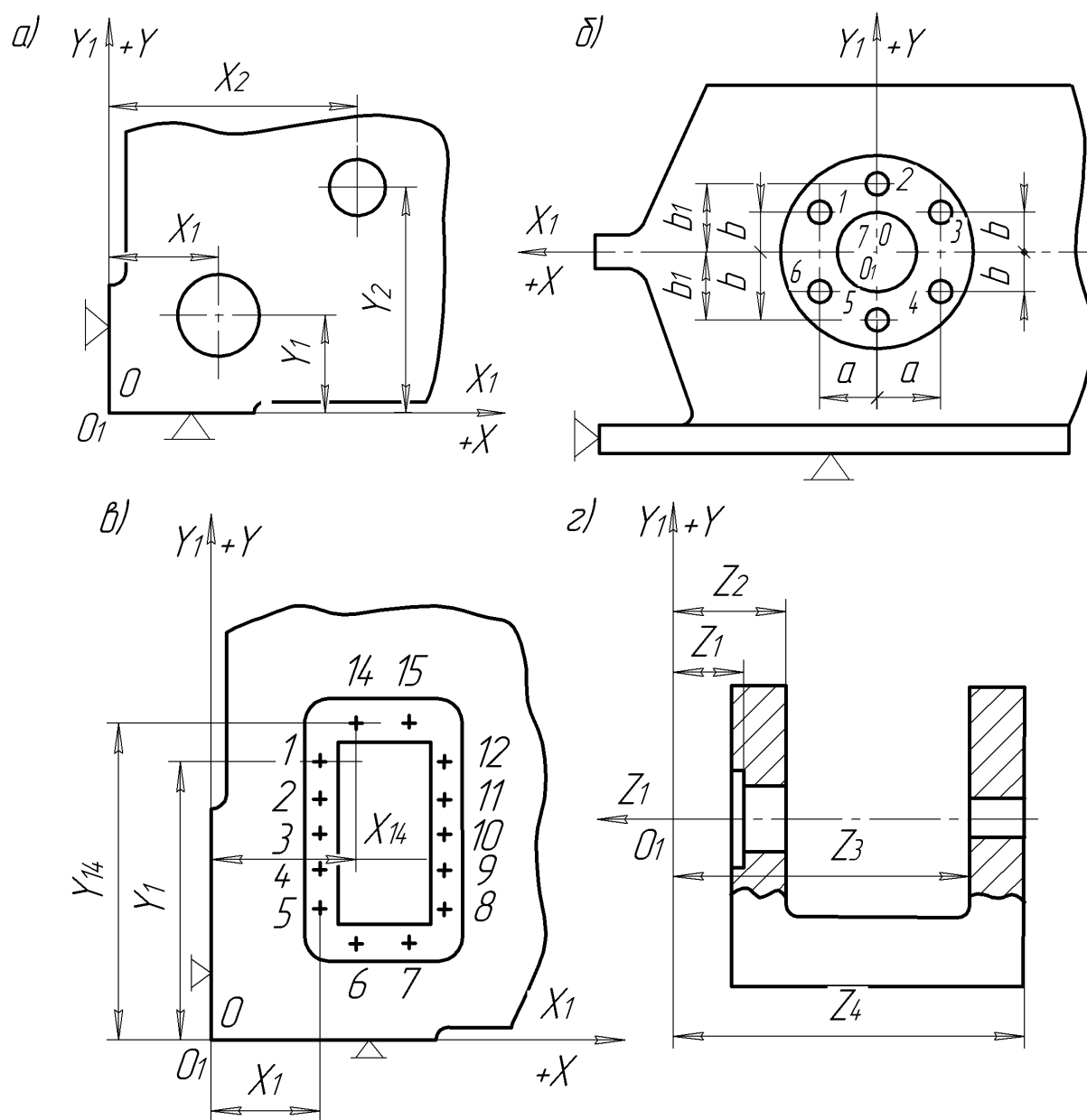


Рис. 3.2

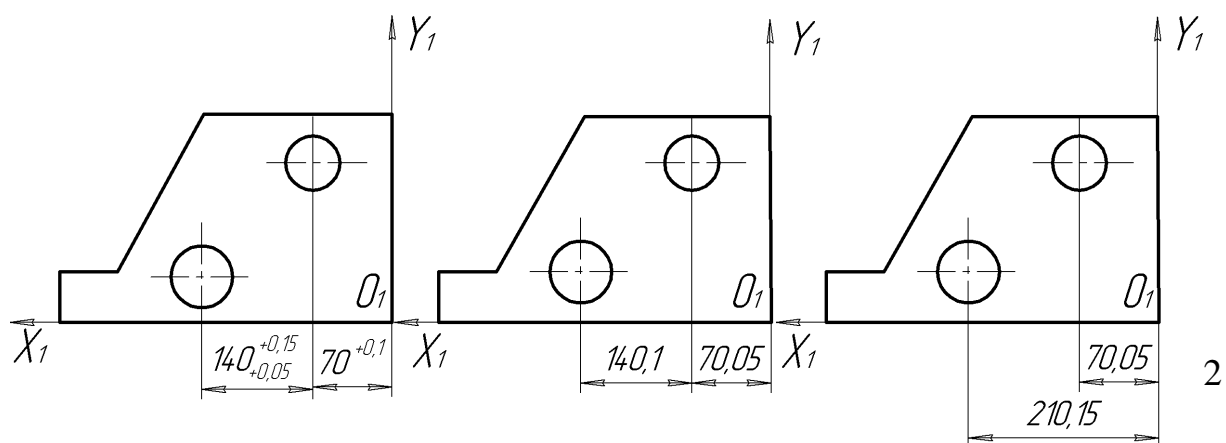


Рис. 3.3

При сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% от расчетной и предусматривать вывод сверла. При глубине сверления 5, 10 и 15 диаметров число выводов соответственно должно быть равно 1...2, 4...5, 7...10.

Литые отверстия диаметром больше 30 мм целесообразно обрабатывать черновым и чистовым растачиванием.

Внутренние канавки (полости) растачивают с помощью специальных расточных оправок с радиальным выдвижением резца при упоре в торец детали.

При обработке детали с нескольких сторон с одной установки рекомендуется переходить к следующему этапу после выполнения предыдущего на всех рабочих сторонах детали.

Последовательность обработки отверстий и смена инструмента определяется принципом кратчайшего пути.

Обработка ряда одинаковых отверстий несколькими инструментами программируется в следующем порядке:

- 1) обработка всех отверстий одним инструментом со всех сторон;
- 2) обработка всех отверстий вторым инструментом со всех сторон и т.д.

3.6 Начало отсчета координатной системы станка

Процесс совмещения нулевых точек осей X и Y (смещение «плавающего» нуля станка) с НД производится непосредственно от опорных (базовых) поверхностей базирующих элементов установленного на поворотном столе приспособления для обработки заготовки.

Установленный в конус шпинделя ловитель при медленном перемещении стола, затем шпиндельной бабки вводится в соприкосновение с поверхностями базирующих элементов, затем с помощью цифровой индикации станка определяются фактические координаты оси шпинделя относительно опорных поверхностей. Полученные значения с учетом диаметра ловителя вводятся декадными переключателями «смещение нуля» с отметками X и Y в систему управления, чем и обеспечивается смещение нуля

станка с НД. После этого автоматически отсчет координат опорных точек будет вестись из точки НД.

При известном значении координаты X оси поворота стола координаты опорных точек на поверхностях детали должны быть рассчитаны от базовой системы XOY . При этом следует учесть, что однажды выбранная координатная система (XOY) при повороте стола свое местонахождение относительно неподвижных частей станка не меняет.

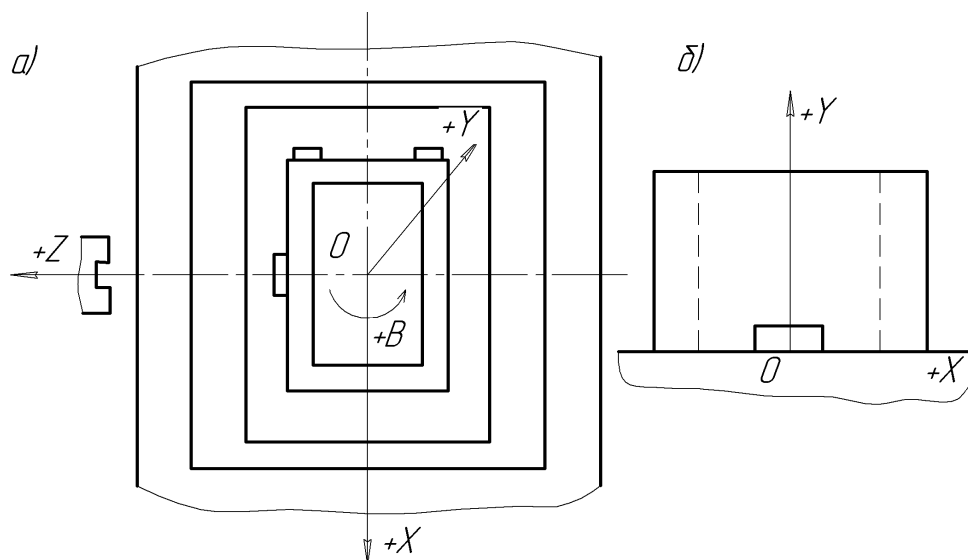


Рис. 3.4

Иногда при обработке корпусных деталей целесообразно начало координатной системы станка задавать в геометрическом центре поворотного стола на оси поворота (рис. 3.4а). В этом случае смещение нуля станка производится специальными измерениями, данные которых при помощи декадных переключателей вводятся в систему управления. При составлении программы координаты опорных точек обрабатываемых поверхностей задаются относительно системы XOY , начало которой находится в нижней опорной поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 3.4б).

При упрощении программирования часто повторяющихся технологических циклов в технологическом чертеже следует задавать базовую нулевую плоскость, которая должна иметь определенное расстояние от ближайшей к торцу шпинделя поверхности обрабатываемой заготовки и быть перпендикулярной оси Z .

Как правило, смещение начала отсчета по оси Z задается в базовой нулевой плоскости, то есть в нулевой плоскости $Z = 0$.

Расположив торец шпинделя в выбранную нулевую плоскость, на панели управления станка по цифровой индикации определяется значение смещения нуля оси Z , которое декадными переключателями вводится в систему управления.

Положение базовой нулевой плоскости (рис. 3.5, 1-1) определяется выражением

$$H = h + \delta,$$

где h – расстояние от нижней режущей кромки до нижней точки инструмента, мм;

δ - зазор, обеспечивающий свободное относительное перемещение детали и инструмента, мм. Обычно $\delta = 0,5 \dots 1$ мм.

При расчете значения H следует учесть также положительные отклонения на размер A заготовки.

Ось R совмещена с осью Z , значения R_1 и R_2 рассматриваются как составляющие перемещений на оси Z , которые обрабатываются быстрым ходом в режиме грубого позиционирования. По адресу Z программируется перемещение на рабочей подаче, определяющее глубину обработки с учетом врезания и перебега инструмента.

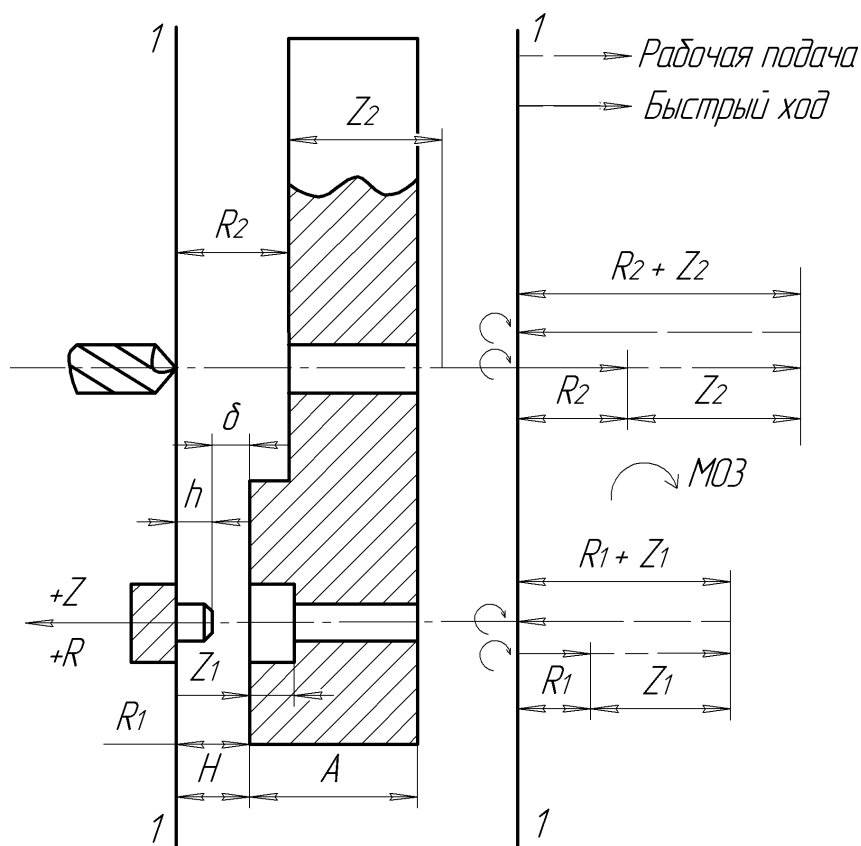


Рис. 3.5

Как уже было сказано, базовая нулевая плоскость выбирается, исходя из свободного относительного перемещения инструмента и детали. При обработке заготовки с нескольких сторон нулевая плоскость в случае, если она смещается в программе, должна быть задана с учетом стороны, расположенной на максимальном радиусе относительно центра поворотного стола. То есть, расстояние между нулевой плоскостью и данной поверхностью следует выбрать таким, чтобы после поворота стола образовался достаточный промежуток между плоскостью и новой поверхностью для свободного перемещения инструментов при позиционировании.

При обработке постоянными циклами (о чем будет сказано ниже) до начала и после завершения цикла нижняя режущая кромка инструмента всегда находится в базовой нулевой плоскости.

Для повышения производительности обработки при отработке стандартных циклов система ЧПУ «Размер-2М» позволяет смещение нулевой плоскости по оси R , которое выполняется в режимах $G64$ при движении к заготовке и $G63$ при движении от заготовки.

Кадр, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит функции $G53$, $G63$ ($G64$) и функцию R с шестью цифрами, определяющими значение смещения в 10^{-2} мм.

Функции $G63$ и $G64$ применяются также для смещения торца шпинделя от нулевой плоскости Z . $G64$ при движении к нулевой плоскости ($-Z$); $G63$ – от нулевой плоскости ($+Z$).

Установка поворотного стола в нулевое положение поворота производится по лимбу станка до начала обработки.

3.7 Виды работ, выполняемых на станке

Центрование отверстий является обязательным переходом перед сверлением отверстий в сплошном материале. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся от обычных спиральных сверл более высокой жесткостью. Схема центрования показана на рис. 3.6.

Предварительное центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении за счет исключения из работы перемычки сверла.

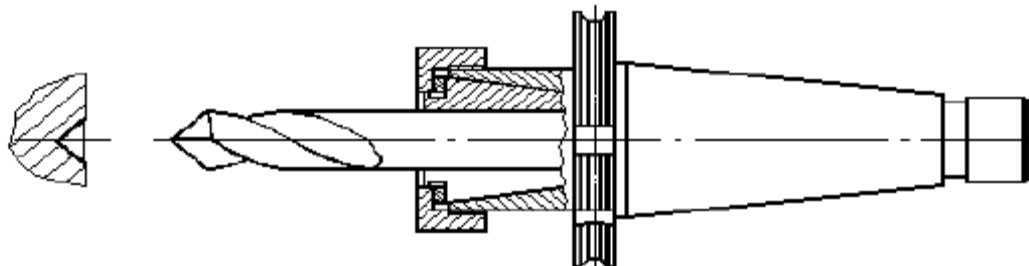


Рис. 3.6 .Центрование отверстия

Кроме того, центрование позволяет иногда исключить обработку фаски в отверстии (рис. 3.7). Наибольший диаметр сверления по стали ($\sigma_s = 600 \text{ Н/мм}^2$) - 12 мм.

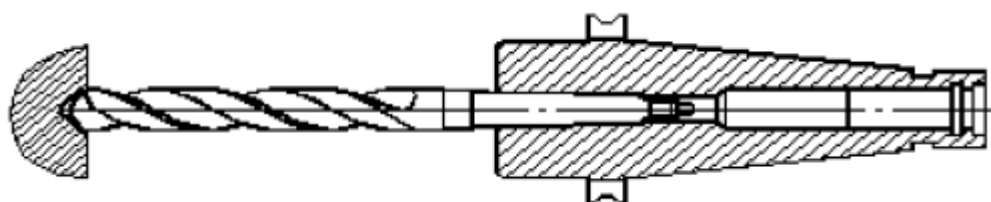


Рис. 3.7. Сверление отверстия

Фрезерование плоскостей производится торцовыми и концевыми фрезами (рис. 3.8). Каких-либо особенностей не имеет, за исключением того, что с целью уменьшения диаметра используемых фрез применяется фрезерование широких поверхностей концевыми фрезами.

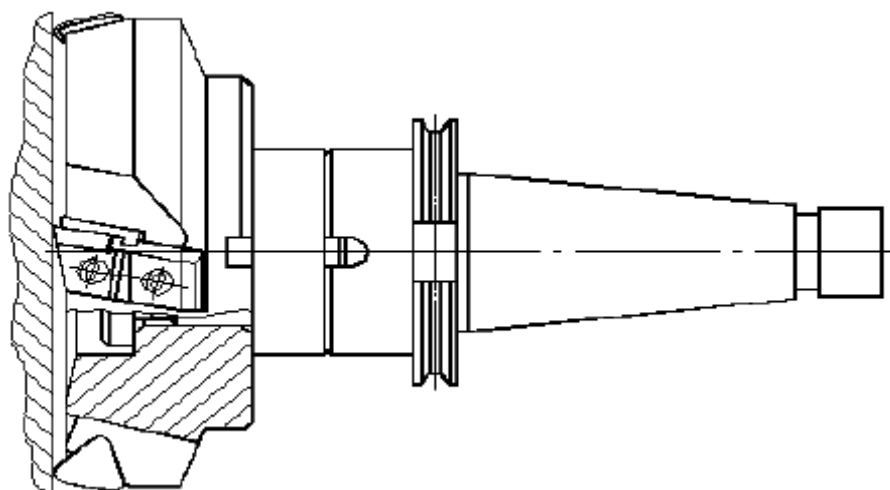


Рис. 3.8. Фрезерование торцовой фрезой

Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей. Точность при обработке плоскостей: до 7 квалитета точности, шероховатость до $Ra\ 1,25$, отклонение от плоскостности не менее 5 мкм. Для окончательной обработки плоскостей используется тонкое фрезерование однозубыми эльборовыми фрезами.

Точность и шероховатость обработанной плоскости при этом соответствуют окончательному шлифованию.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание. По сравнению с зенкерованием и развертыванием этот метод обеспечивает более высокую точность координатных размеров отверстий.

Растачивание производится консольными оправками (рис. 3.9), что ограничивает его применение при обработке отверстий, расположенных во внутренних стенках детали. Наибольший диаметр растачивания - 60 мм.

Точность отверстий, получаемых растачиванием: квалитет точности - 7; отклонение от круглости - 3 мкм; отклонение от цилиндричности - 4 мкм; точность межосевых расстояний - 10 мкм; шероховатость обработанного отверстия $Ra - 1,25$ мкм.

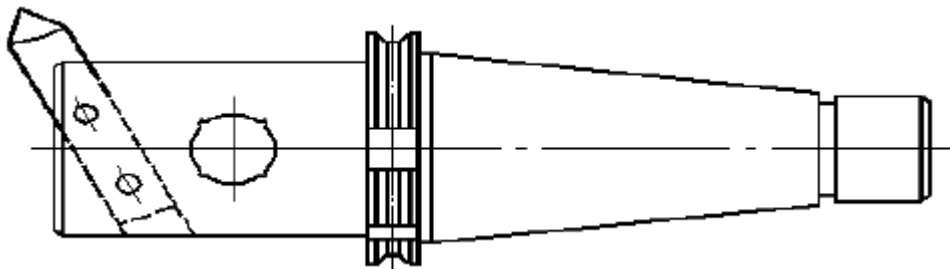


Рис. 3.9. Оправка для чернового растачивания отверстий

При чистовом и тонком растачивании используются расточные оправки с микрометрической регулировкой резцовых вставок (рис. 3.10).

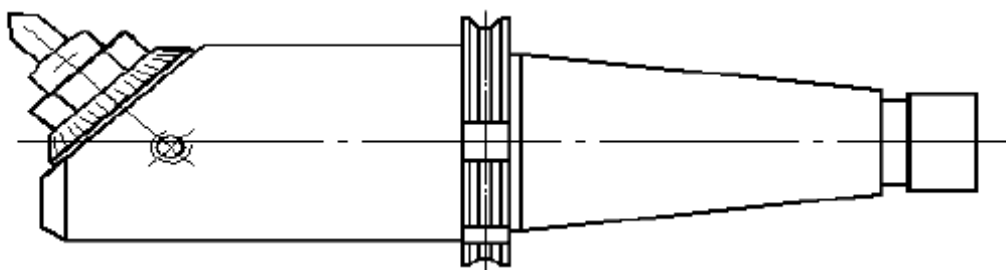


Рис. 3.10. Расточная оправка с микрометрической регулировкой

Для уменьшения числа типоразмеров инструментов для обработки отверстий в качестве чернового и чистового методов используется контурное фрезерование отверстий концевыми фрезами. Движение фрезы по окружности обеспечивается согласованными движениями заготовки по осям X и Y .

Точность обеспечиваемая контурным фрезерованием отверстий: качество точности - 9; отклонение от круглости - 15 мкм; шероховатость Ra – 2,5 мкм.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более 4 сторон обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси (координата W). Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы произвести обработку за минимальное число переустановок. Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Возможность обработки конкретной детали на станке модели 6904ВМФ2 определяется на основе сопоставления характеристик детали с технологическими возможностями станка. При этом сравниваются габариты детали с размерами рабочего пространства станка. Размеры обрабатываемой поверхности должны соответствовать длинам рабочего хода исполнительных органов станка. Точность обработки на станке детали должна быть выше точности поверхностей детали. Конструкция детали должна быть технологичной применительно к условиям ее обработки на многоцелевых станках. Число технологических переходов, необходимых для обработки данной детали должно быть меньше числа инструментов, устанавливаемых в магазин.

Если конструкция детали не позволяет обработать ее с одной установки, то необходимо рассмотреть возможности обработки детали в двух и более технологических операциях. После отбора деталей для обработки следует привести укрупненные технологические маршруты со схемами базирования заготовок. В выводах по работе указываются детали, которые возможно обработать в одной технологической операции, в двух, трех и те, которые не могут быть обработаны на данном станке. При этом приводится обоснование для каждой из рассматриваемых деталей.

3.8 Методика выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы используется многоцелевой станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2.

Выполнение лабораторной работы производится в следующей последовательности:

- 1) ознакомиться со всеми разделами методических указаний по выполнению лабораторной работы;
- 2) изучить компоновку станка, назначение его основных составных частей;
- 3) изучить расположение координатных осей станка;
- 4) ознакомиться с техническими характеристиками многоцелевого станка и устройства ЧПУ;
- 5) изучить виды работ, выполняемых на станке, и кинематику движений, необходимых для этого;

6) из предлагаемых корпусных деталей подобрать номенклатуру деталей для обработки на данном станке, при этом выделить группы деталей, которые возможно обработать за одну технологическую операцию.

7) сделать вывод по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

Моделирование кинематической схемы привода главного движения (подачи) с использованием ЭВМ

4.3 Содержание работы

Работа заключается в разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке. В ходе выполнения лабораторной работы студент изучает рабочий чертеж детали и технологические возможности оборудования, обосновывает метод получения заготовки, назначает технологические базы и выбирает приспособление. Разрабатывается маршрутная технология обработки отдельных поверхностей и детали в целом, выбирается режущий инструмент, рассчитываются межоперационные размеры, режимы резания, технические нормы, оформляется технологическая документация и отчет по работе.

4.4 Методика выполнения работы

4.4.1 Анализ рабочего чертежа детали и выбор оборудования.

Сначала необходимо подробно изучить рабочий чертеж детали, технологические требования, проверить достаточность заданных проекций и размеров. При этом следует выяснить возможность улучшения технологичности детали. При необходимости проводится корректировка размеров, параметров точности или шероховатости поверхностей по согласованию с преподавателем.

Оборудование выбирается исходя из конструктивных особенностей, точности и размеров детали. При этом учитываются наиболее характерные методы обработки поверхностей детали. Ориентировочно определяется необходимое количество режущих инструментов. С учетом всех отмеченных выше параметров и других исходных данных выбирается по каталогу металлорежущих станков необходимый станок.

4.4.2 Выбор метода получения заготовки.

При выборе метода получения заготовки руководствуются следующими условиями:

- 1) технологической характеристикой материала заготовки;

2) конструктивными особенностями, размерами и формой заготовки;

3) параметрами точности размеров, формы, относительного расположения поверхностей, а также параметрами шероховатости поверхностей заготовки;

4) типом производства и заданными сроками выпуска детали.

4.4.3 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз при обработке корпусных деталей не отличается от традиционного. Однако стремление максимально концентрировать технологические переходы и рабочие ходы обработки детали в минимальном количестве операций и установов накладывает дополнительные требования к технологическим базам, методам базирования и закрепления детали. В качестве базы необходимо использовать такие поверхности, которые позволяют обрабатывать наибольшее количество взаимосвязанных между собой поверхностей, имеющих на детали.

Базовые поверхности выбирают из анализа чертежа детали. При этом определяют поверхности, которые можно обработать за один установ, такие поверхности могут быть при этом использованы в качестве базовых, такие поверхности подлежат обработке на отдельных операциях. Для установки детали при обработке базовой и противобазовой сторон следует выбрать плоскости, позволяющие наиболее жестко и надежно закрепить деталь при черновой обработке и наиболее точно установить ее при чистовой. Зачастую на первой операции заготовку устанавливают на регулируемые опоры, позволяющие выверить ее положение по разметочным рискам. Далее при установке уже на базовую поверхность обычно обрабатываются три-четыре стороны детали.

Основные способы базирования деталей, используемые на многооперационных станках следующие:

- по плоскости и двум отверстиям (рис. 4.1);
- по трем плоскостям (рис. 4.2);
- по отверстию и двум плоскостям (рис. 4.3).

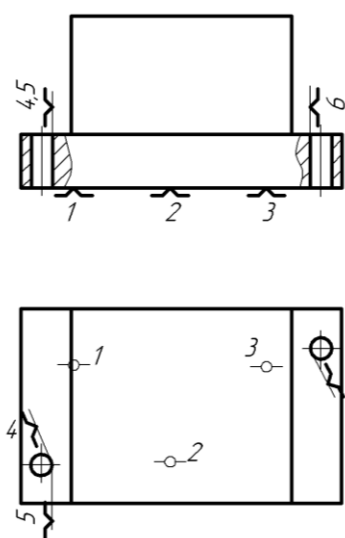


Рис. 4.1

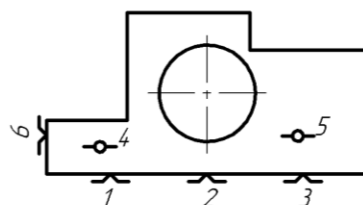


Рис. 4.2

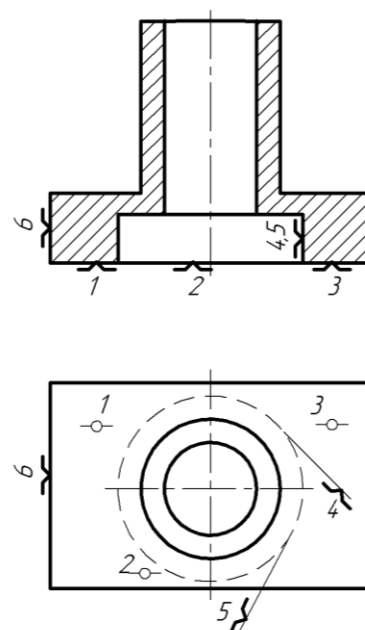


Рис. 4.3

Первый способ наиболее предпочтителен. В этом случае точность обработки будет зависеть от точности диаметрального размера отверстий и базовых штырей, от точности их межосевого расстояния и качества обработки базовой плоскости детали. В качестве базовых отверстий используют имеющиеся на детали или вводят технологический допуск на межосевые расстояния базовых отверстий (составляет 0,03 – 0,04 мм). Базовые отверстия при черновой обработке выполняют по 7-му качеству точности, при чистовой – по 6-му качеству точности. Основную плоскость детали, на которой расположены базовые отверстия, следует обрабатывать совместно с базовыми отверстиями за один установ. Шероховатость базовой плоскости должна быть не более $R_z = 20$ мкм (для черновой обработки) и $Ra = 2,5$ мкм (для чистовой обработки). При установке детали по трем взаимно перпендикулярным плоскостям точность установа детали зависит от точности относительного расположения этих плоскостей. При этом отклонение от перпендикулярности базовых плоскостей между собой не должно превышать 0,5 – 0,6 соответствующего межоперационного допуска на изготовление детали.

4.4.4 Построение маршрутного технологического процесса.

При разработке технологического процесса обработки детали на станках с ЧПУ определяют, какие операции обработки детали должны вы-

полняться на универсальных станках и какие на многооперационных. При обработке сложных и трудоемких деталей в маршрутном техпроцессе должна быть предусмотрена операция разметки и нанесения установочных линий, определяющих положение детали на станке. В зависимости от числа обрабатываемых сторон, их точности, сложности предусматривается одна или несколько операций обработки корпусных деталей на многооперационном станке.

При разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке необходимо учитывать следующее:

- последовательность технологических переходов и перемещений от одной обрабатываемой поверхности детали к другой назначают исходя из условий обеспечения требуемой точности и уменьшения времени на установочные и вспомогательные перемещения;

- в начале операции выполняют все фрезерные переходы (фрезерование внешних и внутренних плоскостей, пазов, наружных и внутренних контуров), затем обрабатывают основные и вспомогательные отверстия большого диаметра, и в конце – вспомогательные отверстия малого размера, крепежные отверстия;

- для обеспечения высотой точности обработки необходимо проектировать операции с минимальным количеством смен инструментов и поворотов стола с деталью;

- если время смены инструмента больше времени на поворот стола или точность позиционирования поворота стола выше точности позиционирования инструмента при смене, то меняют инструмент после выполнения всех технологических процессов, предусмотренных для данного инструмента;

- при обработке литых отверстий на станках с позиционной системой управления (ф2) в качестве первого технологического перехода следует применять растачивание, а не зенкерование, так как при растачивании увод и смещение оси обрабатываемого отверстия меньше. На станках с контурной системой (ф3) целесообразно применять фрезерование вместо растачивания, так как концевая фреза менее чувствительна к неравномерности припуска на обработку;

- обработку основных отверстий и других поверхностей детали, точность размера и относительное положение которых оговорено жесткими допусками, выполняют с последовательной заменой инструментов;

- базовые поверхности следует обрабатывать за один установ. Если в этой операции выполняют и другие переходы, то для исключения влияния деформации детали при обработке на точность базовых поверхностей детали, их обрабатывают в конце операции после технологического останова программы и пережима детали;

- на станках с недостаточно высокой точностью поворота стола технологические переходы следует выполнять при фиксированном положении стола последовательно всеми необходимыми инструментами;

- внутренние торцы и внутренние канавки в отверстиях обрабатывают до чистового растачивания или развертывания;

- фрезеровать отверстия вместо их предварительного растачивания целесообразно при длине отверстия, не превышающей длину режущей части фрезы. Чем больше припуск на первый проход и чем он неравномернее, тем эффективнее фрезерование отверстий. Использование одной концевой фрезы вместо нескольких расточных инструментов позволяет уменьшить набор инструментов, сократить число смен инструментов и время, затраченное на перерывы из-за смены инструментов.

С учетом вышеизложенного последовательность выполнения операции зависит от назначения и количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности относительно расположения поверхностей детали, точности позиционирования узлов станка по всем координатам, времени перерывов в работе, затраченного на смену инструментов и поворота стола и т.д.

Последовательность выполнения переходов в операции следующие:

1) Фрезеровать переходы (черновые, получистовые, чистовые) - фрезерование плоскостей, пазов, уступов и т.д. — выполняют торцевыми и концевыми фрезами, начиная с внешних плоскостей детали, расположенных ближе всего к шпинделю с инструментом, затем уступы, пазы, выступы, различные контуры, внутренние плоскости.

2) Сверление (рассверливание) основных отверстий под дальнейшую обработку (обычно диаметром не более 30 мм), обработка этих отверстий

выполняется по переходам (черновым, получистовым, чистовым). Черновые переходы выполняют с учетом сокращения времен на вспомогательные перемещения, а чистовые переходы – исходя из уменьшения количества изменений положения инструмента и детали в плоскости, перпендикулярной оси обработки.

3) Заключительные переходы операции – обработка вспомогательных отверстий.

Возможно несколько вариантов обработки группы одинаковых отверстий:

а) для основных отверстий сложной формы с высокой степенью точности: обработка каждого отверстия полностью по всем переходам при одном положении детали относительно шпинделя станка;

б) в основном для крепежных и вспомогательных отверстий: последовательная обработка всех отверстий каждым инструментом.

4.4.5 Межоперационные припуски и допуски на обработку.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках вследствие совмещения обработки большинства поверхностей за один установ, уменьшения величины погрешностей установка детали значительно повышается стабильность достигаемой точности обработки. Это позволяет при обработке на многооперационных станках уменьшить припуски на обработку: на 15-20% на чистовую, на 20-25% на черновую обработку и суммарные величины припусков на обработку отверстий и плоскостей по сравнению с рекомендуемыми для обработки на станках с ручным управлением.

Межоперационные припуски на обработку устанавливаются исходя из допусков на изготовление детали и технологии обработки.

Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлообрабатывающих станков разработана таблица ориентировочных допусков.

4.4.6 Выбор режущих инструментов.

1) Торцевые фрезы. Для фрезерования плоскостей используют торцевые насадные фрезы $\varnothing 100, 125, 160$ мм с механическим креплением неперетачиваемых пятигранных пластин из твердого сплава. Рекомендуемые марки твердых сплавов: для обработки чугуна – ВК4, ВК6, ВК8; для стали: Т5К10, Т15К6, Т14К8; для алюминиевых сплавов – ВК6М, ВК3М.

Диаметр торцевой фрезы выбирают исходя из числа проходов фрезы, определяемого шириной обрабатываемой плоскости (должно быть минимальным). Для черновой и получистовой обработки $0,8D < B < 1,2D$; для чистовой обработки $B < 0,9D$. Окончательно диаметр торцевой фрезы выбирают с учетом обработки в данной операции других плоскостей, т.е. одной фрезой обрабатывать возможно большее количество плоскостей.

2) Концевые, шпоночные и другие фрезы. При фрезеровании сложных контуров, отверстий, пазов применяют концевые фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава или быстрорежущих сталей, шпоночные фрезы, дисковые и трехсторонние фрезы. Концевые фрезы из быстрорежущих сплавов применяют с диаметрами от 5 до 50 мм, с пластинками из твердых сплавов от 20 до 50 мм. Трехсторонние фрезы для обработки пазов и канавок используют с диаметром до 160 мм и шириной B от 5 до 36 мм. Шпоночные фрезы используют диаметрами от 5 до 12 мм из быстрорежущих сталей и от 4 до 12 мм из твердых сплавов.

3) Расточные оправки. Для получистового и чистового растачивания отверстий диаметрами от 22 до 250 мм применяют однорезцовые расточные оправки с твердосплавными резцами. Оправки диаметрами от 10 до 30 мм выполняют расточными головками с радиальным настроенным перемещением резца. Для обработки отверстий диаметром от 45 до 200 мм используют расточные оправки с микрометрической регулировкой. Для обработки торцев отверстий диаметрами от 45 до 200 мм применяют двухрезцовые подрезные блоки, для обработки фасок в отверстиях диаметром более 40 мм - однорезцовые фасонные расточные оправки. Все эти инструменты оснащают резцами с твердосплавными пластинами. Для обработки фасок в отверстиях диаметром до 40 мм применяют конические зенковки с углом конуса 90° из быстрорежущих сталей.

4) Спиральные сверла. Отверстия малых диаметров обрабатывают спиральными короткими сверлами с углом при вершине 90° .

5) Резьбонарезной инструмент. Для нарезания резьбы применяют метчики с длиной заборной части, равной двум или трем шагам резьбы.

4.4.7 Методика расчета режимов резания.

В связи с высокой стоимостью многооперационных станков эффективность их использования должна быть максимальной. Важную роль иг-

рает при этом правильный выбор режимов резания. Каждый рабочий ход должен выполняться на ускоренных режимах, обеспечивающих более полное использование технологических возможностей станка и инструмента. Поэтому при назначении режимов резания для обработки на многооперационных станках увеличивают режимы резания за счет сокращения стойкости инструмента на 20-30 минут [2].

Таблица 4.1

**Межоперационные допуски при обработке на станках с ручным
и программным управлением**

№ п/ п	Параметр			Допуск на изготовление			
				По чертежу	После обработки		
					окон- чат. на стан- ке с РУ	чи- сто- вой на стан- ке с ЧПУ	чер- новой на стан- ке с ЧПУ
1	Расстояние между плоско- стями, отверстиями и плоско- стью			$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ
2	Относительное положение плоскостей (от- клонение от параллельно- сти)	Плоскости обрабаты- ваемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ
3	Диаметр отверстия			$\delta > \text{допуска}$ 7 квалитета	-	δ	5δ
				$\delta < \text{допуска}$ 7 квалитета	δ	3δ	15δ
4	Относительное положение от- верстия (от- клонение от соосности)	Отверстие и база об- рабатываемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ

Последовательность расчета режимов резания для многооперационных станков такая же, как для станков с ручным управлением, только скорость резания определяется исходя из стойкости инструмента от 20 до 30 минут.

Режимы резания назначаются в следующей последовательности:

1) Устанавливается глубина резания t . При этом назначается максимально возможная глубина резания, определяемая припуском на обработку.

2) Назначается подача (подача на зуб фрезы S_z – при фрезеровании, подача на оборот инструмента S_o - при остальных методах обработки) В зависимости от метода обработки. При чистовой обработке величину подачи ограничивает величина шероховатости поверхности. При черновой обработке ограничением является жесткость системы СПИД, мощность привода станка, предельно допустимая упругая деформация и виброустойчивость основных узлов станка.

3) При выборе величины подачи вводится поправка на хрупкое разрушение режущих кромок инструмента:

$$S = S_n \cdot k_s,$$

где S_n – номинальная подача,

k_s – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ.

При высоком уровне технологического обеспечения коэффициент $k_s=1$. При ухудшении технологического обеспечения станков этот коэффициент уменьшается ($k_s < 1$).

3) Назначается период стойкости фрезы. Определяется экономическая стойкость T'_9 по формуле

$$T'_9 = T_9 \cdot k_m,$$

где T_9 – номинальная экономическая стойкость, принятая для станков с ручным управлением;

k_m – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ. Коэффициент $k_m = 0,25 - 0,3$ при высоком уровне обеспечения станков [2].

Определяется скорость резания, допустимая режущими свойствами режущего инструмента [3]. Скорость резания, определяется на основании предварительно выбранных t , S и T_s' по соответствующим таблицам [3]. Окончательная величина скорости резания определяется с учетом коэффициента k_r , учитывающего обработку на различных станках с ЧПУ, и жесткости станка. Для станков с автоматической сменой инструментов $k_r=0,85$; а для станков с ЧПУ без автоматической системы инструментов $k_r=0,9$. Кроме этого коэффициенты табличного значения скорости резания умножаются на поправочные коэффициенты, учитывающие характеристики обрабатываемого материала, период стойкости режущего инструмента, вид обработки.

5) Определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где D – диаметр режущего инструмента, мм.

6) Полученная величина n корректируется по станку, и выбирается действительная частота вращения n_∂

7) Определяется минутная подача S_m по формулам:

- при сверлении, точении

$$S_m = S_0 \cdot n;$$

– при фрезеровании

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы

8) Определяется действительная скорость резания V_∂ :

$$v_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000}.$$

9) Определяется мощность, затрачиваемая на резание $N_{рез}$ [3]

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v_\partial}{1020 \cdot 60},$$

где P_z – сила резания.

10) Проверяется достаточность мощности привода станка. При этом должно быть выполнено условие: $N_{рез} < N_{ун}$.

Мощность на шпинделе станка $N_{ун}$ определяется из выражения

$$N_{ун} = N_\partial \cdot \eta,$$

где N_o – мощность соответствующего двигателя станка;

η – коэффициент полезного действия станка.

4.4.8 Подготовка технологической информации для программирования. Объем и последовательность подготовки технологической информации числового программного управления различны для разных типов станков с ЧПУ и разных систем программного управления. Для обработки корпусной детали на многооперационном станке составляют:

- геометрический план обрабатываемых поверхностей с указанием координат центров отверстий;
- последовательность обработки поверхностей и отверстий с учетом возможной оптимизации последовательности;
- технологический процесс обработки;
- таблицы кодов инструментов, режимов резания и технологических команд.

В число основной технологической документации входят:

- маршрутная карта – описание технологического процесса изготовления детали в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании в оснастке;
- операционная карта – описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения;
- карта эскизов – эскизы, схемы, таблицы, схема установки детали на столе станка, с указанием размеров, характеризующих положение детали относительно осей координат станка и т.д.;
- операционная расчетно-технологическая карта, содержащая информацию о последовательности перемещений узлов станка и технологических команд по обработке детали на станке;
- ведомость оснастки, необходимой для данного технологического процесса (операции). Вся технологическая информация математически обрабатывается в соответствии с принятой системой ЧПУ, кодируется и записывается на программоноситель.

4.5 Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с методическими указаниями.

- 2) Выбрать метод получения заготовки.
- 3) Выбрать технологические базы и составить эскиз приспособления для механической обработки.
- 4) Разработать маршрут обработки отдельных поверхностей.
- 5) Выбрать необходимое оборудование из каталогов металлорежущих станков.
- 6) Разработать технологический процесс механической обработки.
- 7) Рассчитать межоперационные припуски и допуски.
- 8) Выбрать режущий инструмент и занести в операционную карту.
- 9) Рассчитать режимы резания.
- 10) Оформить технологическую документацию: маршрутную карту, операционную карту, карту эскизов, карту наладки.

4.6 Содержание отчета

В отчет лабораторной работы следует включить:

- 1) Анализ чертежа детали на технологичность.
- 2) Метод получения заготовки.
- 3) Выбор технологических баз, теоретические схемы базирования.
- 4) Маршрутный технологический процесс.
- 5) Характеристики выбранного технологического оборудования.
- 6) Расчет припусков и допусков на обработку.
- 7) Ведомость режущего инструмента.
- 8) Расчеты режимов резания.
- 9) Операционную карту.
- 10) Карту эскизов.
- 11) Краткие выводы.

4.7 Вопросы для самопроверки

4.7.1 Какие детали эффективно обрабатывать на многооперационных станках?

4.7.2 Перечислить методы обработки, реализуемые на многооперационных станках.

4.7.3 Перечислить режущие инструменты, используемые на многооперационных станках.

4.7.4 Основные технологические возможности многооперационных станков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

Изучение технологических возможностей многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2

4.3 Содержание работы

Работа заключается в разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке. В ходе выполнения лабораторной работы студент изучает рабочий чертеж детали и технологические возможности оборудования, обосновывает метод получения заготовки, назначает технологические базы и выбирает приспособление. Разрабатывается маршрутная технология обработки отдельных поверхностей и детали в целом, выбирается режущий инструмент, рассчитываются межоперационные размеры, режимы резания, технические нормы, оформляется технологическая документация и отчет по работе.

4.4 Методика выполнения работы

4.4.1 Анализ рабочего чертежа детали и выбор оборудования.

Сначала необходимо подробно изучить рабочий чертеж детали, технологические требования, проверить достаточность заданных проекций и размеров. При этом следует выяснить возможность улучшения технологичности детали. При необходимости проводится корректировка размеров, параметров точности или шероховатости поверхностей по согласованию с преподавателем.

Оборудование выбирается исходя из конструктивных особенностей, точности и размеров детали. При этом учитываются наиболее характерные методы обработки поверхностей детали. Ориентировочно определяется необходимое количество режущих инструментов. С учетом всех отмеченных выше параметров и других исходных данных выбирается по каталогу металлорежущих станков необходимый станок.

4.4.2 Выбор метода получения заготовки.

При выборе метода получения заготовки руководствуются следующими условиями:

- 5) технологической характеристикой материала заготовки;

6) конструктивными особенностями, размерами и формой заготовки;

7) параметрами точности размеров, формы, относительного расположения поверхностей, а также параметрами шероховатости поверхностей заготовки;

8) типом производства и заданными сроками выпуска детали.

4.4.3 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз при обработке корпусных деталей не отличается от традиционного. Однако стремление максимально концентрировать технологические переходы и рабочие ходы обработки детали в минимальном количестве операций и установов накладывает дополнительные требования к технологическим базам, методам базирования и закрепления детали. В качестве базы необходимо использовать такие поверхности, которые позволяют обрабатывать наибольшее количество взаимосвязанных между собой поверхностей, имеющих на детали.

Базовые поверхности выбирают из анализа чертежа детали. При этом определяют поверхности, которые можно обработать за один установ, такие поверхности могут быть при этом использованы в качестве базовых, такие поверхности подлежат обработке на отдельных операциях. Для установки детали при обработке базовой и противобазовой сторон следует выбрать плоскости, позволяющие наиболее жестко и надежно закрепить деталь при черновой обработке и наиболее точно установить ее при чистовой. Зачастую на первой операции заготовку устанавливают на регулируемые опоры, позволяющие выверить ее положение по разметочным рискам. Далее при установке уже на базовую поверхность обычно обрабатываются три-четыре стороны детали.

Основные способы базирования деталей, используемые на многооперационных станках следующие:

- по плоскости и двум отверстиям (рис. 4.1);
- по трем плоскостям (рис. 4.2);
- по отверстию и двум плоскостям (рис. 4.3).

Первый способ наиболее предпочтителен. В этом случае точность обработки будет зависеть от точности диаметрального размера отверстий и базовых штырей, от точности их межосевого расстояния и качества обра-

ботки базовой плоскости детали. В качестве базовых отверстий используют имеющиеся на детали или вводят технологический допуск на межосевые расстояния базовых отверстий (составляет 0,03 – 0,04 мм). Базовые отверстия при черновой обработке выполняют по 7-му качеству точности, при чистовой – по 6-му качеству точности. Основную плоскость детали,

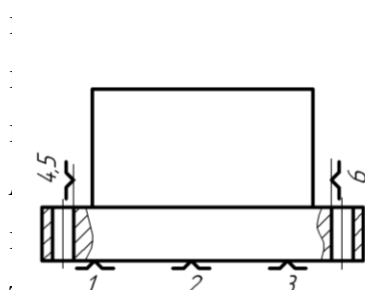


Рис. 4.1

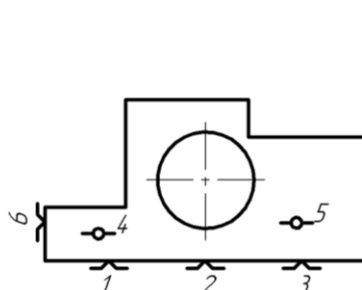


Рис. 4.2

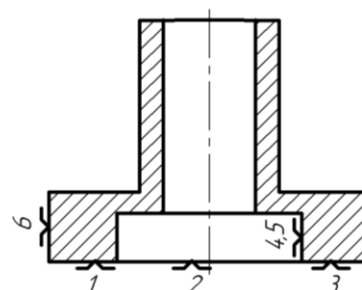
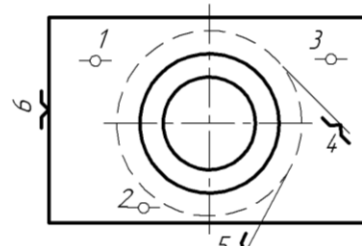
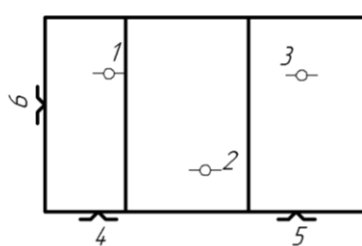
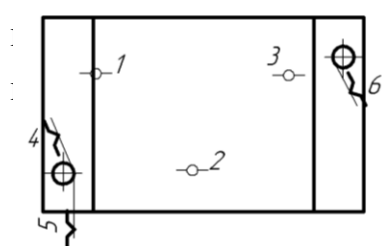


Рис. 4.3



4.4.4 Построение маршрутного технологического процесса.

При разработке технологического процесса обработки детали на станках с ЧПУ определяют, какие операции обработки детали должны выполняться на универсальных станках и какие на многооперационных. При обработке сложных и трудоемких деталей в маршрутном техпроцессе должна быть предусмотрена операция разметки и нанесения установочных

линий, определяющих положение детали на станке. В зависимости от числа обрабатываемых сторон, их точности, сложности предусматривается одна или несколько операций обработки корпусных деталей на многооперационном станке.

При разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке необходимо учитывать следующее:

- последовательность технологических переходов и перемещений от одной обрабатываемой поверхности детали к другой назначают исходя из условий обеспечения требуемой точности и уменьшения времени на установочные и вспомогательные перемещения;

- в начале операции выполняют все фрезерные переходы (фрезерование внешних и внутренних плоскостей, пазов, наружных и внутренних контуров), затем обрабатывают основные и вспомогательные отверстия большого диаметра, и в конце – вспомогательные отверстия малого размера, крепежные отверстия;

- для обеспечения высотой точности обработки необходимо проектировать операции с минимальным количеством смен инструментов и поворотов стола с деталью;

- если время смены инструмента больше времени на поворот стола или точность позиционирования поворота стола выше точности позиционирования инструмента при смене, то меняют инструмент после выполнения всех технологических процессов, предусмотренных для данного инструмента;

- при обработке литых отверстий на станках с позиционной системой управления (ф2) в качестве первого технологического перехода следует применять растачивание, а не зенкерование, так как при растачивании увод и смещение оси обрабатываемого отверстия меньше. На станках с контурной системой (ф3) целесообразно применять фрезерование вместо растачивания, так как концевая фреза менее чувствительна к неравномерности припуска на обработку;

- обработку основных отверстий и других поверхностей детали, точность размера и относительное положение которых оговорено жесткими допусками, выполняют с последовательной заменой инструментов;

- базовые поверхности следует обрабатывать за один установ. Если в этой операции выполняют и другие переходы, то для исключения влияния деформации детали при обработке на точность базовых поверхностей детали, их обрабатывают в конце операции после технологического останова программы и пережима детали;

- на станках с недостаточно высокой точностью поворота стола технологические переходы следует выполнять при фиксированном положении стола последовательно всеми необходимыми инструментами;

- внутренние торцы и внутренние канавки в отверстиях обрабатывают до чистового растачивания или развертывания;

- фрезеровать отверстия вместо их предварительного растачивания целесообразно при длине отверстия, не превышающей длину режущей части фрезы. Чем больше припуск на первый проход и чем он неравномернее, тем эффективнее фрезерование отверстий. Использование одной концевой фрезы вместо нескольких расточных инструментов позволяет уменьшить набор инструментов, сократить число смен инструментов и время, затраченное на перерывы из-за смены инструментов.

С учетом вышеизложенного последовательность выполнения операции зависит от назначения и количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности относительно расположения поверхностей детали, точности позиционирования узлов станка по всем координатам, времени перерывов в работе, затраченного на смену инструментов и поворота стола и т.д.

Последовательность выполнения переходов в операции следующие:

1) Фрезеровать переходы (черновые, получистовые, чистовые) - фрезерование плоскостей, пазов, уступов и т.д. — выполняют торцевыми и концевыми фрезами, начиная с внешних плоскостей детали, расположенных ближе всего к шпинделю с инструментом, затем уступы, пазы, выступы, различные контуры, внутренние плоскости.

2) Сверление (рассверливание) основных отверстий под дальнейшую обработку (обычно диаметром не более 30 мм), обработка этих отверстий выполняется по переходам (черновым, получистовым, чистовым). Черновые переходы выполняют с учетом сокращения времен на вспомогательные перемещения, а чистовые переходы — исходя из уменьшения количе-

ства изменений положения инструмента и детали в плоскости, перпендикулярной оси обработки.

3) Заключительные переходы операции – обработка вспомогательных отверстий.

Возможно несколько вариантов обработки группы одинаковых отверстий:

а) для основных отверстий сложной формы с высокой степенью точности: обработка каждого отверстия полностью по всем переходам при одном положении детали относительно шпинделя станка;

б) в основном для крепежных и вспомогательных отверстий: последовательная обработка всех отверстий каждым инструментом.

4.4.5 Межоперационные припуски и допуски на обработку.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках вследствие совмещения обработки большинства поверхностей за один установ, уменьшения величины погрешностей установка детали значительно повышается стабильность достигаемой точности обработки. Это позволяет при обработке на многооперационных станках уменьшить припуски на обработку: на 15-20% на чистовую, на 20-25% на черновую обработку и суммарные величины припусков на обработку отверстий и плоскостей по сравнению с рекомендуемыми для обработки на станках с ручным управлением.

Межоперационные припуски на обработку устанавливаются исходя из допусков на изготовление детали и технологии обработки.

Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлообрабатывающих станков разработана таблица ориентировочных допусков.

4.4.6 Выбор режущих инструментов.

1) Торцевые фрезы. Для фрезерования плоскостей используют торцевые насадные фрезы $\varnothing 100, 125, 160$ мм с механическим креплением неперетачиваемых пятигранных пластин из твердого сплава. Рекомендуемые марки твердых сплавов: для обработки чугуна – ВК4, ВК6, ВК8; для стали: Т5К10, Т15К6, Т14К8; для алюминиевых сплавов – ВК6М, ВК3М.

Диаметр торцевой фрезы выбирают исходя из числа проходов фрезы, определяемого шириной обрабатываемой плоскости (должно быть минимальным). Для черновой и получистовой обработки $0,8D < B < 1,2D$; для

чистовой обработки $B < 0,9D$. Окончательно диаметр торцевой фрезы выбирают с учетом обработки в данной операции других плоскостей, т.е. одной фрезой обрабатывать возможно большее количество плоскостей.

2) Концевые, шпоночные и другие фрезы. При фрезеровании сложных контуров, отверстий, пазов применяют концевые фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава или быстрорежущих сталей, шпоночные фрезы, дисковые и трехсторонние фрезы. Концевые фрезы из быстрорежущих сплавов применяют с диаметрами от 5 до 50 мм, с пластинками из твердых сплавов от 20 до 50 мм. Трехсторонние фрезы для обработки пазов и канавок используют с диаметром до 160 мм и шириной B от 5 до 36 мм. Шпоночные фрезы используют диаметрами от 5 до 12 мм из быстрорежущих сталей и от 4 до 12 мм из твердых сплавов.

3) Расточные оправки. Для получистового и чистового растачивания отверстий диаметрами от 22 до 250 мм применяют однорезцовые расточные оправки с твердосплавными резцами. Оправки диаметрами от 10 до 30 мм выполняют расточными головками с радиальным настроенным перемещением резца. Для обработки отверстий диаметром от 45 до 200 мм используют расточные оправки с микрометрической регулировкой. Для обработки торцев отверстий диаметрами от 45 до 200 мм применяют двухрезцовые подрезные блоки, для обработки фасок в отверстиях диаметром более 40 мм - однорезцовые фасонные расточные оправки. Все эти инструменты оснащают резцами с твердосплавными пластинами. Для обработки фасок в отверстиях диаметром до 40 мм применяют конические зенковки с углом конуса 90° из быстрорежущих сталей.

4) Спиральные сверла. Отверстия малых диаметров обрабатывают спиральными короткими сверлами с углом при вершине 90° .

5) Резьбонарезной инструмент. Для нарезания резьбы применяют метчики с длиной заборной части, равной двум или трем шагам резьбы.

4.4.7 Методика расчета режимов резания.

В связи с высокой стоимостью многооперационных станков эффективность их использования должна быть максимальной. Важную роль играет при этом правильный выбор режимов резания. Каждый рабочий ход должен выполняться на ускоренных режимах, обеспечивающих более полное использование технологических возможностей станка и инструмента.

Поэтому при назначении режимов резания для обработки на многооперационных станках увеличивают режимы резания за счет сокращения стойкости инструмента на 20-30 минут [2].

Таблица 4.1

**Межоперационные допуски при обработке на станках с ручным
и программным управлением**

№ п/ п	Параметр			Допуск на изготовление				
				По чертежу	После обработки			
					окон- чат. на стан- ке с РУ	чи- сто- вой на стан- ке с ЧПУ	чер- новой на стан- ке с ЧПУ	
1	Расстояние между плоско- стями, отверстиями и плоско- стью			$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
2	Относительное положение плоскостей (от- клонение от параллельно- сти)	Плоскости обрабаты- ваемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
3	Диаметр отверстия			$\delta > \text{допуска}$ 7 квалитета	-	δ	5δ	
				$\delta < \text{допуска}$ 7 квалитета	δ	3δ	15δ	
4	Относительное положение от- верстия (от- клонение от соосности)	Отверстие и база об- рабатываемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	

Последовательность расчета режимов резания для многооперационных станков такая же, как для станков с ручным управлением, только скорость резания определяется исходя из стойкости инструмента от 20 до 30 минут.

Режимы резания назначаются в следующей последовательности:

1) Устанавливается глубина резания t . При этом назначается максимально возможная глубина резания, определяемая припуском на обработку.

2) Назначается подача (подача на зуб фрезы S_z – при фрезеровании, подача на оборот инструмента S_o - при остальных методах обработки) В зависимости от метода обработки. При чистовой обработке величину подачи ограничивает величина шероховатости поверхности. При черновой обработке ограничением является жесткость системы СПИД, мощность привода станка, предельно допустимая упругая деформация и виброустойчивость основных узлов станка.

3) При выборе величины подачи вводится поправка на хрупкое разрушение режущих кромок инструмента:

$$S = S_n \cdot k_s,$$

где S_n – номинальная подача,

k_s – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ.

При высоком уровне технологического обеспечения коэффициент $k_s=1$. При ухудшении технологического обеспечения станков этот коэффициент уменьшается ($k_s < 1$).

3) Назначается период стойкости фрезы. Определяется экономическая стойкость T'_9 по формуле

$$T'_9 = T_9 \cdot k_m,$$

где T_9 – номинальная экономическая стойкость, принятая для станков с ручным управлением;

k_m – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ. Коэффициент $k_m = 0,25 - 0,3$ при высоком уровне обеспечения станков [2].

Определяется скорость резания, допустимая режущими свойствами режущего инструмента [3]. Скорость резания, определяется на основании предварительно выбранных t , S и T_s' по соответствующим таблицам [3]. Окончательная величина скорости резания определяется с учетом коэффициента k_r , учитывающего обработку на различных станках с ЧПУ, и жесткости станка. Для станков с автоматической сменой инструментов $k_r=0,85$; а для станков с ЧПУ без автоматической системы инструментов $k_r=0,9$. Кроме этого коэффициенты табличного значения скорости резания умножаются на поправочные коэффициенты, учитывающие характеристики обрабатываемого материала, период стойкости режущего инструмента, вид обработки.

5) Определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где D – диаметр режущего инструмента, мм.

6) Полученная величина n корректируется по станку, и выбирается действительная частота вращения n_∂

7) Определяется минутная подача S_m по формулам:

- при сверлении, точении

$$S_m = S_0 \cdot n;$$

– при фрезеровании

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы

8) Определяется действительная скорость резания V_∂ :

$$v_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000}.$$

9) Определяется мощность, затрачиваемая на резание $N_{рез}$ [3]

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v_\partial}{1020 \cdot 60},$$

где P_z – сила резания.

10) Проверяется достаточность мощности привода станка. При этом должно быть выполнено условие: $N_{рез} < N_{ун}$.

Мощность на шпинделе станка $N_{ун}$ определяется из выражения

$$N_{ун} = N_\partial \cdot \eta,$$

где N_o – мощность соответствующего двигателя станка;

η – коэффициент полезного действия станка.

4.4.8 Подготовка технологической информации для программирования. Объем и последовательность подготовки технологической информации числового программного управления различны для разных типов станков с ЧПУ и разных систем программного управления. Для обработки корпусной детали на многооперационном станке составляют:

- геометрический план обрабатываемых поверхностей с указанием координат центров отверстий;
- последовательность обработки поверхностей и отверстий с учетом возможной оптимизации последовательности;
- технологический процесс обработки;
- таблицы кодов инструментов, режимов резания и технологических команд.

В число основной технологической документации входят:

- маршрутная карта – описание технологического процесса изготовления детали в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании в оснастке;
- операционная карта – описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения;
- карта эскизов – эскизы, схемы, таблицы, схема установки детали на столе станка, с указанием размеров, характеризующих положение детали относительно осей координат станка и т.д.;
- операционная расчетно-технологическая карта, содержащая информацию о последовательности перемещений узлов станка и технологических команд по обработке детали на станке;
- ведомость оснастки, необходимой для данного технологического процесса (операции). Вся технологическая информация математически обрабатывается в соответствии с принятой системой ЧПУ, кодируется и записывается на программноноситель.

4.5 Порядок выполнения работы

11) Ознакомиться с методическими указаниями.

- 12) Выбрать метод получения заготовки.
- 13) Выбрать технологические базы и составить эскиз приспособления для механической обработки.
- 14) Разработать маршрут обработки отдельных поверхностей.
- 15) Выбрать необходимое оборудование из каталогов металлорежущих станков.
- 16) Разработать технологический процесс механической обработки.
- 17) Рассчитать межоперационные припуски и допуски.
- 18) Выбрать режущий инструмент и занести в операционную карту.
- 19) Рассчитать режимы резания.
- 20) Оформить технологическую документацию: маршрутную карту, операционную карту, карту эскизов, карту наладки.

4.6 Содержание отчета

В отчет лабораторной работы следует включить:

- 1) Анализ чертежа детали на технологичность.
- 2) Метод получения заготовки.
- 3) Выбор технологических баз, теоретические схемы базирования.
- 4) Маршрутный технологический процесс.
- 5) Характеристики выбранного технологического оборудования.
- 6) Расчет припусков и допусков на обработку.
- 7) Ведомость режущего инструмента.
- 8) Расчеты режимов резания.
- 9) Операционную карту.
- 10) Карту эскизов.
- 11) Краткие выводы.

4.7 Вопросы для самопроверки

4.7.1 Какие детали эффективно обрабатывать на многооперационных станках?

4.7.2 Перечислить методы обработки, реализуемые на многооперационных станках.

4.7.3 Перечислить режущие инструменты, используемые на многооперационных станках.

4.7.4 Основные технологические возможности многооперационных станков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19

разработка технологического процесса обработки детали на многооперационном станке

4.1 Цель работы

Основная цель лабораторных работ - ознакомление с многооперационными станками, приобретение навыков разработки технологических процессов механической обработки и управляющих программ для обработки деталей на этих станках.

4.2 Основы разработки технологических процессов

Технологические возможности многооперационных станков. Под многооперационным станком понимают управляемый по программе станок с высокой степенью интеграции операций, т.е. станок, обеспечивающий выполнение большой номенклатуры технологических операций без переоборудования детали с автоматической сменой инструментов. Современные многооперационные станки имеют автоматические сменные палеты для заготовок Многооперационный станок для обработки корпусных деталей имеет крестовый стол, выполняемый на некоторых моделях станков поворотным, специальный инструментальный магазин емкостью до 140 инструментов и автооператор, осуществляющий автоматическую смену режущего инструмента. Некоторые многооперационные станки оснащают специальными приспособлениями-спутниками, позволяющими автоматизировать загрузку станков. По положению шпинделя относительно рабочей плоскости стола различают многооперационные станки вертикальной и горизонтальной компоновки. На многооперационных станках можно выполнять следующие виды фрезерных работ:

- фрезерование плоскостей торцевыми и концевыми фрезами;
- фрезерование пазов и окон концевыми фрезами;
- фрезерование дисковыми фрезами;
- фрезерование по контуру плоских и фасонных поверхностей платинков, приливов.

На этих станках выполняются также операции: сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание последовательно в несколько переходов и наборов резцов, развертывание, зенкование, нарезание резьбы, подрезка торцев бобышек и т. д. достигаемая точность обработки по линейным и диаметральным размерам Н7-Н8 квалитетов точности.

Повышение производительности многооперационных станков достигается за счет резкого сокращения затрат вспомогательного и подготовительно-заключительного времени, а также интенсификации режимов резания. Существенное сокращение вспомогательного времени достигается за счет автоматизации холостых исполнительных органов и увеличение их скорости до 10-15 м/мин, а также автоматизация смены позиций заготовок на поворотном столе и смены режущих инструментов.

Технологическое требование к заготовкам. К заготовкам предъявляют повышенные требования. Одно из этих требований – удобство баз. Заготовка должна позволять производить ее установку и закрепление простейшим установочными и зажимными элементами. Заготовки должны иметь оптимальный припуск по всем обрабатываемым поверхностям. Должна быть обеспечена оптимальная точность заготовок в партии. С этой целью применяют наиболее прогрессивные методы получения заготовок (литье под давлением, литье в кокиль и т.д.). Для увеличения точности обработки на многооперационных станках у заготовок зачастую предварительно обрабатывают базовые поверхности.

Конструктивные особенности приспособлений. Целесообразно применять приспособления, komponуемые из универсальных узлов и деталей УСП или быстропереналаживаемые сборно-разборные приспособления.

Используются также специальные приспособления.

Основные требования к приспособлениям следующие:

- возможность ориентации приспособлений относительно координат станка и детали;
- взаимосвязь положения контура детали с осями координат станка и исходной точки обработки;
- необходимая жесткость;

- минимальная высота выступающих над деталью элементов приспособления и использование для перезакрепления отводных, съемных, откидных прихватов и других зажимных элементов;

- минимальное количество зажимов, обеспечивающие надежное закрепление детали.

Режущий инструмент. На многооперационных станках в основном применяют стандартный режущий инструмент. В связи с особенностями обработки к инструменту предъявляются более высокие требования по точности, качеству исполнения, по технологическим возможностям. Линейные размеры инструмента ограничены жесткостью, масса грузоподъемностью инструментального автооператора. Наиболее часто применяемые инструменты: торцевые фрезы с твердосплавными пластинками, концевые и шпоночные фрезы из быстрорежущей стали, дисковые фрезы, различные расточные оправки с резцами из твердосплавных пластин, зенковки, сверла спиральные, метчики.

Измерительный инструмент. Для измерения используется универсальный измерительный инструмент. Целесообразно также использовать сборные измерительные приспособления.

Контрольные операции. Контроль корпусных деталей осуществляется путем входного контроля основных размеров. При этом контролируются параметры точности, отклонений формы и относительного расположения поверхностей, а также шероховатость поверхностей. Необходимо на всех заготовках, поступающих на многооперационный станок, наладочный контроль при наладке. Осуществляют этот контроль оператор станка и контролер технического контроля (ОТК), как и межоперационный контроль в процессе обработки заготовки на станке при переустановках. Окончательный контроль проводят после завершения обработки деталей. На первой детали партии контролируются параметры точности детали, а на следующих - выборочно контролируются все основные размеры и параметры точности детали.

Рекомендации по составлению технологического маршрута обработки корпусной детали. При разработке технологического процесса обработки следует руководствоваться следующим:

1) в первую очередь обработать поверхности, которые будут использованы в дальнейшем как базы;

2) обрабатывать плоские поверхности и основные отверстия в последовательности, обратной степени их точности;

3) легкоповреждаемые поверхности обрабатывать в последнюю очередь;

4) поверхности с возможными дефектами обрабатывать на начальных технологических переходах или операциях.

Технологический процесс целесообразно строить с определенной последовательностью выполнения чистовых и черновых операций, технологических переходов и рабочих ходов, приведенной ниже.

1) Первая черновая операция – обработка детали с двух-четырех сторон (плоскости и отверстия большого диаметра). В качестве базы используются достаточно большие плоскости, обеспечивающие хорошую и надежную установку детали.

2) Вторая черновая операция – обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным в предыдущей операции поверхностям, создание технологических баз для последующей обработки.

3) Первая чистовая операция – обработка базовой и противобазовой плоскостей детали и всех элементов (пазов, уступов, отверстий), расположенных на этих плоскостях, в том числе основных отверстий.

4) Вторая чистовая операция – обработка всех остальных сторон детали с установкой по обработанным на предыдущей операции базам, в том числе обработка основных отверстий, пазов, уступов, вспомогательных и крепежных отверстий.

При высокой сложности детали, значительном количестве отверстий, пазов, уступов и ограниченном объеме инструментального магазина чистовую обработку с четырех сторон детали делят на две операции с одинаковой установкой детали.

Если трудоемкость черновой обработки в маршрутном техпроцессе невелика, то можно предусмотреть одну черновую операцию или объединить их с операциями чистовой обработки, выделив подготовку базовых поверхностей.

4.3 Содержание работы

Работа заключается в разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке. В ходе выполнения лабораторной работы студент изучает рабочий чертеж детали и технологические возможности оборудования, обосновывает метод получения заготовки, назначает технологические базы и выбирает приспособление. Разрабатывается маршрутная технология обработки отдельных поверхностей и детали в целом, выбирается режущий инструмент, рассчитываются межоперационные размеры, режимы резания, технические нормы, оформляется технологическая документация и отчет по работе.

4.4 Методика выполнения работы

4.4.1 Анализ рабочего чертежа детали и выбор оборудования.

Сначала необходимо подробно изучить рабочий чертеж детали, технологические требования, проверить достаточность заданных проекций и размеров. При этом следует выяснить возможность улучшения технологичности детали. При необходимости проводится корректировка размеров, параметров точности или шероховатости поверхностей по согласованию с преподавателем.

Оборудование выбирается исходя из конструктивных особенностей, точности и размеров детали. При этом учитываются наиболее характерные методы обработки поверхностей детали. Ориентировочно определяется необходимое количество режущих инструментов. С учетом всех отмеченных выше параметров и других исходных данных выбирается по каталогу металлорежущих станков необходимый станок.

4.4.2 Выбор метода получения заготовки.

При выборе метода получения заготовки руководствуются следующими условиями:

- 9) технологической характеристикой материала заготовки;
- 10) конструктивными особенностями, размерами и формой заготовки;
- 11) параметрами точности размеров, формы, относительного расположения поверхностей, а также параметрами шероховатости поверхностей заготовки;

12) типом производства и заданными сроками выпуска детали.

4.4.3 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз при обработке корпусных деталей не отличается от традиционного. Однако стремление максимально концентрировать технологические переходы и рабочие ходы обработки детали в минимальном количестве операций и установов накладывает дополнительные требования к технологическим базам, методам базирования и закрепления детали. В качестве базы необходимо использовать такие поверхности, которые позволяют обрабатывать наибольшее количество взаимосвязанных между собой поверхностей, имеющих на детали.

Базовые поверхности выбирают из анализа чертежа детали. При этом определяют поверхности, которые можно обработать за один установ, такие поверхности могут быть при этом использованы в качестве базовых, такие поверхности подлежат обработке на отдельных операциях. Для установки детали при обработке базовой и противобазовой сторон следует выбрать плоскости, позволяющие наиболее жестко и надежно закрепить деталь при черновой обработке и наиболее точно установить ее при чистовой. Зачастую на первой операции заготовку устанавливают на регулируемые опоры, позволяющие выверить ее положение по разметочным рискам. Далее при установке уже на базовую поверхность обычно обрабатываются три-четыре стороны детали.

Основные способы базирования деталей, используемые на многооперационных станках следующие:

- по плоскости и двум отверстиям (рис. 4.1);
- по трем плоскостям (рис. 4.2);
- по отверстию и двум плоскостям (рис. 4.3).

Первый способ наиболее предпочтителен. В этом случае точность обработки будет зависеть от точности диаметрального размера отверстий и базовых штырей, от точности их межосевого расстояния и качества обработки базовой плоскости детали. В качестве базовых отверстий используют имеющиеся на детали или вводят технологический допуск на межосевые расстояния базовых отверстий (составляет 0,03 – 0,04 мм). Базовые отверстия при черновой обработке выполняют по 7-му качеству точности, при чистовой – по 6-му качеству точности. Основную плоскость детали,

на которой расположены базовые отверстия, следует обрабатывать совместно с базовыми отверстиями за один установ. Шероховатость базовой плоскости должна быть не более $R_z = 20$ мкм (для черновой обработки) и $Ra = 2,5$ мкм (для чистовой обработки). При установке детали по трем взаимно перпендикулярным плоскостям точность установа детали зависит от

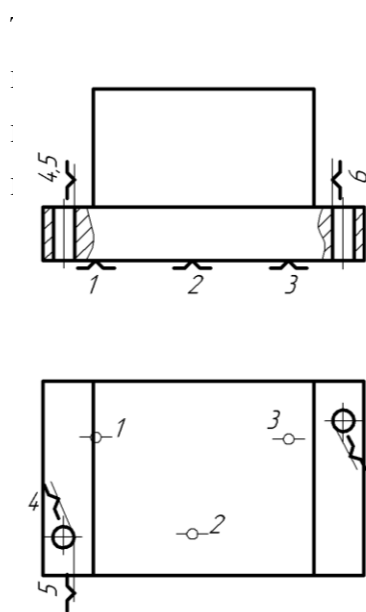


Рис. 4.1

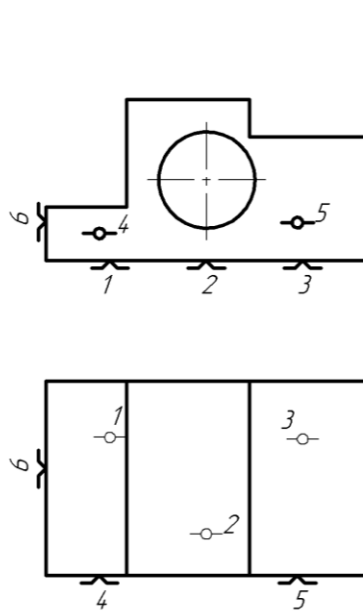


Рис. 4.2

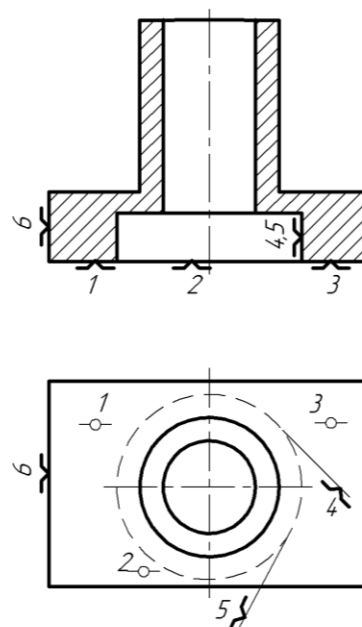


Рис. 4.3

4.4.4 Построение маршрутного технологического процесса.

При разработке технологического процесса обработки детали на станках с ЧПУ определяют, какие операции обработки детали должны выполняться на универсальных станках и какие на многооперационных. При обработке сложных и трудоемких деталей в маршрутном техпроцессе должна быть предусмотрена операция разметки и нанесения установочных линий, определяющих положение детали на станке. В зависимости от числа обрабатываемых сторон, их точности, сложности предусматривается одна или несколько операций обработки корпусных деталей на многооперационном станке.

При разработке технологического процесса механической обработки корпусной детали на многооперационном станке необходимо учитывать следующее:

- последовательность технологических переходов и перемещений от одной обрабатываемой поверхности детали к другой назначают исходя из условий обеспечения требуемой точности и уменьшения времени на установочные и вспомогательные перемещения;

- в начале операции выполняют все фрезерные переходы (фрезерование внешних и внутренних плоскостей, пазов, наружных и внутренних контуров), затем обрабатывают основные и вспомогательные отверстия большого диаметра, и в конце – вспомогательные отверстия малого размера, крепежные отверстия;

- для обеспечения высотой точности обработки необходимо проектировать операции с минимальным количеством смен инструментов и поворотов стола с деталью;

- если время смены инструмента больше времени на поворот стола или точность позиционирования поворота стола выше точности позиционирования инструмента при смене, то меняют инструмент после выполнения всех технологических процессов, предусмотренных для данного инструмента;

- при обработке литых отверстий на станках с позиционной системой управления (ф2) в качестве первого технологического перехода следует применять растачивание, а не зенкерование, так как при растачивании увод и смещение оси обрабатываемого отверстия меньше. На станках с контурной системой (ф3) целесообразно применять фрезерование вместо растачивания, так как концевая фреза менее чувствительна к неравномерности припуска на обработку;

- обработку основных отверстий и других поверхностей детали, точность размера и относительное положение которых оговорено жесткими допусками, выполняют с последовательной заменой инструментов;

- базовые поверхности следует обрабатывать за один установ. Если в этой операции выполняют и другие переходы, то для исключения влияния деформации детали при обработке на точность базовых поверхностей де-

тали, их обрабатывают в конце операции после технологического останова программы и перезажима детали;

- на станках с недостаточно высокой точностью поворота стола технологические переходы следует выполнять при фиксированном положении стола последовательно всеми необходимыми инструментами;

- внутренние торцы и внутренние канавки в отверстиях обрабатывают до чистового растачивания или развертывания;

- фрезеровать отверстия вместо их предварительного растачивания целесообразно при длине отверстия, не превышающей длину режущей части фрезы. Чем больше припуск на первый проход и чем он неравномернее, тем эффективнее фрезерование отверстий. Использование одной концевой фрезы вместо нескольких расточных инструментов позволяет уменьшить набор инструментов, сократить число смен инструментов и время, затраченное на перерывы из-за смены инструментов.

С учетом вышеизложенного последовательность выполнения операции зависит от назначения и количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности относительно расположения поверхностей детали, точности позиционирования узлов станка по всем координатам, времени перерывов в работе, затраченного на смену инструментов и поворота стола и т.д.

Последовательность выполнения переходов в операции следующие:

- 1) Фрезеровать переходы (черновые, получистовые, чистовые) - фрезерование плоскостей, пазов, уступов и т.д. — выполняют торцевыми и концевыми фрезами, начиная с внешних плоскостей детали, расположенных ближе всего к шпинделю с инструментом, затем уступы, пазы, выступы, различные контуры, внутренние плоскости.

- 2) Сверление (рассверливание) основных отверстий под дальнейшую обработку (обычно диаметром не более 30 мм), обработка этих отверстий выполняется по переходам (черновым, получистовым, чистовым). Черновые переходы выполняют с учетом сокращения времен на вспомогательные перемещения, а чистовые переходы — исходя из уменьшения количества изменений положения инструмента и детали в плоскости, перпендикулярной оси обработки.

3) Заключительные переходы операции – обработка вспомогательных отверстий.

Возможно несколько вариантов обработки группы одинаковых отверстий:

а) для основных отверстий сложной формы с высокой степенью точности: обработка каждого отверстия полностью по всем переходам при одном положении детали относительно шпинделя станка;

б) в основном для крепежных и вспомогательных отверстий: последовательная обработка всех отверстий каждым инструментом.

4.4.5 Межоперационные припуски и допуски на обработку.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках вследствие совмещения обработки большинства поверхностей за один установ, уменьшения величины погрешностей установа детали значительно повышается стабильность достигаемой точности обработки. Это позволяет при обработке на многооперационных станках уменьшить припуски на обработку: на 15-20% на чистовую, на 20-25% на черновую обработку и суммарные величины припусков на обработку отверстий и плоскостей по сравнению с рекомендуемыми для обработки на станках с ручным управлением.

Межоперационные припуски на обработку устанавливаются исходя из допусков на изготовление детали и технологии обработки.

Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлообрабатывающих станков разработана таблица ориентировочных допусков.

4.4.6 Выбор режущих инструментов.

1) Торцевые фрезы. Для фрезерования плоскостей используют торцевые насадные фрезы $\varnothing 100, 125, 160$ мм с механическим креплением неперетачиваемых пятигранных пластин из твердого сплава. Рекомендуемые марки твердых сплавов: для обработки чугуна – ВК4, ВК6, ВК8; для стали: Т5К10, Т15К6, Т14К8; для алюминиевых сплавов – ВК6М, ВК3М.

Диаметр торцевой фрезы выбирают исходя из числа проходов фрезы, определяемого шириной обрабатываемой плоскости (должно быть минимальным). Для черновой и получистовой обработки $0,8D < B < 1,2D$; для чистовой обработки $B < 0,9D$. Окончательно диаметр торцевой фрезы вы-

бирают с учетом обработки в данной операции других плоскостей, т.е. одной фрезой обрабатывать возможно большее количество плоскостей.

2) Концевые, шпоночные и другие фрезы. При фрезеровании сложных контуров, отверстий, пазов применяют концевые фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава или быстрорежущих сталей, шпоночные фрезы, дисковые и трехсторонние фрезы. Концевые фрезы из быстрорежущих сплавов применяют с диаметрами от 5 до 50 мм, с пластинками из твердых сплавов от 20 до 50 мм. Трехсторонние фрезы для обработки пазов и канавок используют с диаметром до 160 мм и шириной В от 5 до 36 мм. Шпоночные фрезы используют диаметрами от 5 до 12 мм из быстрорежущих сталей и от 4 до 12 мм из твердых сплавов.

3) Расточные оправки. Для получистового и чистового растачивания отверстий диаметрами от 22 до 250 мм применяют однорезцовые расточные оправки с твердосплавными резцами. Оправки диаметрами от 10 до 30 мм выполняют расточными головками с радиальным настроенным перемещением резца. Для обработки отверстий диаметром от 45 до 200 мм используют расточные оправки с микрометрической регулировкой. Для обработки торцев отверстий диаметрами от 45 до 200 мм применяют двухрезцовые подрезные блоки, для обработки фасок в отверстиях диаметром более 40 мм - однорезцовые фасонные расточные оправки. Все эти инструменты оснащают резцами с твердосплавными пластинами. Для обработки фасок в отверстиях диаметром до 40 мм применяют конические зенковки с углом конуса 90° из быстрорежущих сталей.

4) Спиральные сверла. Отверстия малых диаметров обрабатывают спиральными короткими сверлами с углом при вершине 90° .

5) Резьбонарезной инструмент. Для нарезания резьбы применяют метчики с длиной заборной части, равной двум или трем шагам резьбы.

4.4.7 Методика расчета режимов резания.

В связи с высокой стоимостью многооперационных станков эффективность их использования должна быть максимальной. Важную роль играет при этом правильный выбор режимов резания. Каждый рабочий ход должен выполняться на ускоренных режимах, обеспечивающих более полное использование технологических возможностей станка и инструмента. Поэтому при назначении режимов резания для обработки на многоопера-

ционных станках увеличивают режимы резания за счет сокращения стойкости инструмента на 20-30 минут [2].

Таблица 4.1

**Межоперационные допуски при обработке на станках с ручным
и программным управлением**

№ п/ п	Параметр			Допуск на изготовление				
				По чертежу	После обработки			
					окон- чат. на стан- ке с РУ	чи- сто- вой на стан- ке с ЧПУ	чер- новой на стан- ке с ЧПУ	
1	Расстояние между плоско- стями, отверстиями и плоско- стью			$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
2	Относительное положение плоскостей (от- клонение от параллельно- сти)	Плоскости обрабаты- ваемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
3	Диаметр отверстия			$\delta > \text{допуска}$ 7 квалитета	-	δ	5δ	
				$\delta < \text{допуска}$ 7 квалитета	δ	3δ	15δ	
4	Относительное положение от- верстия (от- клонение от соосности)	Отверстие и база об- рабатываемые	В одной операции	$\delta \geq 1,2\delta_c$ $\delta < 1,2\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	
			В разных операциях	$\delta \geq 2,5\delta_c$ $\delta < 2,5\delta_c$	- δ	δ 3δ	5δ 15δ	

Последовательность расчета режимов резания для многооперационных станков такая же, как для станков с ручным управлением, только скорость резания определяется исходя из стойкости инструмента от 20 до 30 минут.

Режимы резания назначаются в следующей последовательности:

1) Устанавливается глубина резания t . При этом назначается максимально возможная глубина резания, определяемая припуском на обработку.

2) Назначается подача (подача на зуб фрезы S_z – при фрезеровании, подача на оборот инструмента S_o - при остальных методах обработки) В зависимости от метода обработки. При чистовой обработке величину подачи ограничивает величина шероховатости поверхности. При черновой обработке ограничением является жесткость системы СПИД, мощность привода станка, предельно допустимая упругая деформация и виброустойчивость основных узлов станка.

3) При выборе величины подачи вводится поправка на хрупкое разрушение режущих кромок инструмента:

$$S = S_n \cdot k_s,$$

где S_n – номинальная подача,

k_s – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ.

При высоком уровне технологического обеспечения коэффициент $k_s=1$. При ухудшении технологического обеспечения станков этот коэффициент уменьшается ($k_s < 1$).

3) Назначается период стойкости фрезы. Определяется экономическая стойкость T'_9 по формуле

$$T'_9 = T_9 \cdot k_m,$$

где T_9 – номинальная экономическая стойкость, принятая для станков с ручным управлением;

k_m – коэффициент уровня технологического обеспечения для станков с ЧПУ. Коэффициент $k_m = 0,25 - 0,3$ при высоком уровне обеспечения станков [2].

Определяется скорость резания, допустимая режущими свойствами режущего инструмента [3]. Скорость резания, определяется на основании предварительно выбранных t , S и T_s' по соответствующим таблицам [3]. Окончательная величина скорости резания определяется с учетом коэффициента k_r , учитывающего обработку на различных станках с ЧПУ, и жесткости станка. Для станков с автоматической сменой инструментов $k_r=0,85$; а для станков с ЧПУ без автоматической системы инструментов $k_r=0,9$. Кроме этого коэффициенты табличного значения скорости резания умножаются на поправочные коэффициенты, учитывающие характеристики обрабатываемого материала, период стойкости режущего инструмента, вид обработки.

5) Определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где D – диаметр режущего инструмента, мм.

6) Полученная величина n корректируется по станку, и выбирается действительная частота вращения n_∂

7) Определяется минутная подача S_m по формулам:

- при сверлении, точении

$$S_m = S_0 \cdot n;$$

– при фрезеровании

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы

8) Определяется действительная скорость резания V_∂ :

$$v_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000}.$$

9) Определяется мощность, затрачиваемая на резание $N_{рез}$ [3]

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v_\partial}{1020 \cdot 60},$$

где P_z – сила резания.

10) Проверяется достаточность мощности привода станка. При этом должно быть выполнено условие: $N_{рез} < N_{ун}$.

Мощность на шпинделе станка $N_{ун}$ определяется из выражения

$$N_{ун} = N_\partial \cdot \eta,$$

где N_o – мощность соответствующего двигателя станка;

η – коэффициент полезного действия станка.

4.4.8 Подготовка технологической информации для программирования. Объем и последовательность подготовки технологической информации числового программного управления различны для разных типов станков с ЧПУ и разных систем программного управления. Для обработки корпусной детали на многооперационном станке составляют:

- геометрический план обрабатываемых поверхностей с указанием координат центров отверстий;
- последовательность обработки поверхностей и отверстий с учетом возможной оптимизации последовательности;
- технологический процесс обработки;
- таблицы кодов инструментов, режимов резания и технологических команд.

В число основной технологической документации входят:

- маршрутная карта – описание технологического процесса изготовления детали в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании в оснастке;
- операционная карта – описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения;
- карта эскизов – эскизы, схемы, таблицы, схема установки детали на столе станка, с указанием размеров, характеризующих положение детали относительно осей координат станка и т.д.;
- операционная расчетно-технологическая карта, содержащая информацию о последовательности перемещений узлов станка и технологических команд по обработке детали на станке;
- ведомость оснастки, необходимой для данного технологического процесса (операции). Вся технологическая информация математически обрабатывается в соответствии с принятой системой ЧПУ, кодируется и записывается на программоноситель.

4.5 Порядок выполнения работы

21) Ознакомиться с методическими указаниями.

- 22) Выбрать метод получения заготовки.
- 23) Выбрать технологические базы и составить эскиз приспособления для механической обработки.
- 24) Разработать маршрут обработки отдельных поверхностей.
- 25) Выбрать необходимое оборудование из каталогов металлорежущих станков.
- 26) Разработать технологический процесс механической обработки.
- 27) Рассчитать межоперационные припуски и допуски.
- 28) Выбрать режущий инструмент и занести в операционную карту.
- 29) Рассчитать режимы резания.
- 30) Оформить технологическую документацию: маршрутную карту, операционную карту, карту эскизов, карту наладки.

4.6 Содержание отчета

В отчет лабораторной работы следует включить:

- 1) Анализ чертежа детали на технологичность.
- 2) Метод получения заготовки.
- 3) Выбор технологических баз, теоретические схемы базирования.
- 4) Маршрутный технологический процесс.
- 5) Характеристики выбранного технологического оборудования.
- 6) Расчет припусков и допусков на обработку.
- 7) Ведомость режущего инструмента.
- 8) Расчеты режимов резания.
- 9) Операционную карту.
- 10) Карту эскизов.
- 11) Краткие выводы.

4.7 Вопросы для самопроверки

4.7.1 Какие детали эффективно обрабатывать на многооперационных станках?

4.7.2 Перечислить методы обработки, реализуемые на многооперационных станках.

4.7.3 Перечислить режущие инструменты, используемые на многооперационных станках.

4.7.4 Основные технологические возможности многооперационных станков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20

Определение нормы штучного времени при обработке деталей резанием методом хронометража

2.2 Определение нормы времени хронометрированием

Для определения нормы времени хронометрированием выполняемую операцию необходимо расчленить на укрупненные комплексы последовательных приемов. Эти комплексы должны иметь определенную целевую законченность. Для удобства замера их продолжительности не должны быть очень кратковременными. Хронометраж проводится после обработки двух-трех первых заготовок для приобретения навыков выполнения работы. Замеры времени осуществляются хронометром. Произведенные замеры времени заносят в хронометражную карту. Значения, резко отличающиеся по своей величине от остальных в том же ряду, исключаются. После этого устанавливают нормальную продолжительность каждого комплекса приемов, которая принимается равной среднему арифметическому для данного ряда наблюдений. Суммированием средних арифметических определяют время. На оперативное время, полученное хронометражем, начисляют время обслуживания рабочего места и перерывов. Тогда

$$t_{um} = (t_o + t_g) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \text{ (мин)}.$$

2.2.1 Задание. Определить техническим расчетом и хронометрированием норму времени для заданной операции.

2.2.2 Условия выполнения работы.

а) Для токарной операции

Станок токарно-винторезный 1К62

Приспособление – трехкулачковый патрон, оправка.

Инструмент – проходной резец $\varphi = 45^\circ$; Т15К6.

Заготовка – сталь 45

Измерительный инструмент- хронометр

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм};$

$S = 0,14 \dots 0,21 \text{ мм/об};$

$V = 50 \dots 60 \text{ м/мин};$

$i = 1.$

б) Для фрезерной операции

Станок вертикально-фрезерный

Приспособление-тиски

Инструмент - концевая фреза $D = 40\text{мм}$; материал Р6М5

Заготовка - сталь 45

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3\text{мм}$;

$S = 0,1 \dots 0,12\text{ мм/об}$;

$V = 30 \dots 40\text{ м/мин}$;

$i = 1$.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Выбрать режимы резания.

2.3.2 Измерить размеры обрабатываемой заготовки и определить ее вес.

2.3.3 Определить основное время t_o .

2.3.4 Выбрать вспомогательные времена (табл. 1÷5)

2.3.5 Определить техническим расчетом штучное время $t_{шт}$.

2.3.6 Установить заготовку на станок и по выбранным режимам провести обработку, одновременно хронометром измерить продолжительность отдельных элементов операции.

2.3.7 Полученные данные внести в хронометражную карту (табл..6)

2.3.8 По данным хронометра определить t_{on} и $t_{ум}$.

2.4 В отчете работы приводятся

1) Эскиз операции обработки заготовки (см. рис.)

2) Данные о режимах обработки, размеры заготовки и t_o .

3) Значения t_o , t_{on} , $t_{ум}$ по техническому расчету.

4) Заполненная хронометрическая карта (см. табл.6).

5) Значения t_{on} и $t_{ум}$ по данным хронометра,

6) Анализ полученных результатов и выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21

Составление карты рабочего времени

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Выбрать режимы резания.

2.3.2 Измерить размеры обрабатываемой заготовки и определить ее вес.

2.3.3 Определить основное время t_o .

2.3.4 Выбрать вспомогательные времена (табл. 1÷5)

2.3.5 Определить техническим расчетом штучное время $t_{шт}$.

2.3.6 Установить заготовку на станок и по выбранным режимам провести обработку, одновременно хронометром измерить продолжительность отдельных элементов операции.

2.3.7 Полученные данные внести в хронометражную карту (табл..6)

2.3.8 По данным хронометра определить t_{on} и t_{um} .

2.4 В отчете работы приводятся

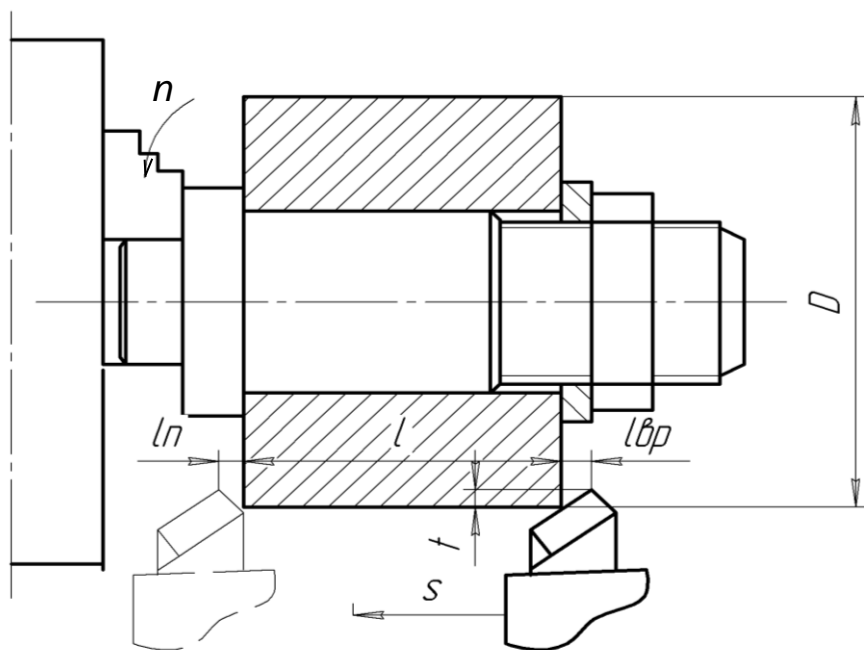
- 1) Эскиз операции обработки заготовки (см. рис.)
- 2) Данные о режимах обработки, размеры заготовки и t_{ϕ} .
- 3) Значения t_o , t_{on} , t_{um} по техническому расчету.
- 4) Заполненная хронометрическая карта (см. табл.6).
- 5) Значения t_{on} и t_{um} по данным хронометра,
- 6) Анализ полученных результатов и выводы.

Таблица 2.1

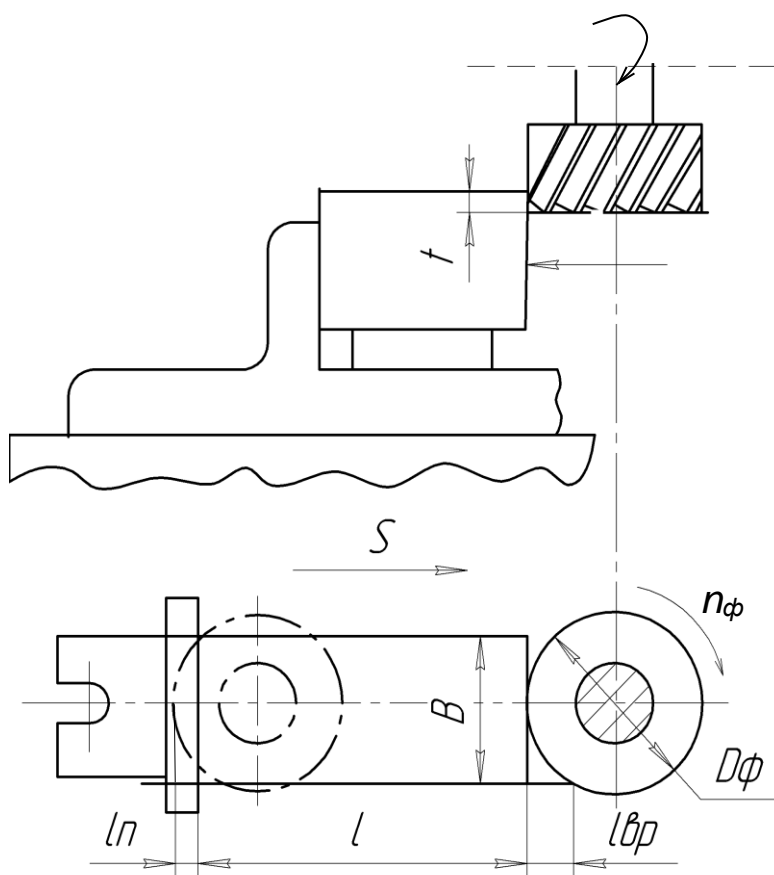
Вспомогательное время на установку и снятие детали при точении

Содержание работы	Способ установки детали		Вес детали, кг			
			0,25	0,5	1	3
			Время, мин			
Взять деталь, установить на оправку и закрепить.	На гладкой или шлицевой концевой оправке.	При свободном одевании детали	0,09	0,10	0,11	0,12

Включить станок. Выключить станок, открепить деталь, снять с оправки и отложить на место.	На концевой оправке с гайкой	При тугом одевании де- тали под прес- сом	0,17	0,18	0,19	0,20
		Шайба быст- росменная	0,20	0,21	0,22	0,24
		Шайба про- стая	0,38	0,41	0,43	0,45



а)



б)

Рис. 2.1. Схемы токарной (а) и фрезерной (б) обработки заготовки

Таблица 2.2

Вспомогательное время, связанное с переходом при точении

Наименование приемов	Длина пере- меще- ния	Наибольший диаметр из- делия, устанавливаемого над станиной, мм	
		250	400
		Время, мин	
1. Подвести инструмент к дета-	-	0,02	0,025
2. Включить подачу	-	0,015	0,015
3. Выключить подачу	-	0,015	0,015
4. Отвести инструмент	-	0,02	0,025
5. Включить вращение шпинде-	-	0,01	0,01
6. Выключить вращение шпин-	-	0,01	0,01

Таблица 2.3

**Вспомогательное время на приемы управления станком
при фрезеровании**

Наименование приемов	Длина стола станка, мм		
	750	1250	1800
	Время, мин		
1. Включить станок (с полуавтоматическим циклом или с программным управлением)	0,03	0,04	0,06
2. Включить или выключить вращение фрезы:	0,02	0,02	0,03
а) кнопкой	0,02	0,03	0,04
б) рычагом			
3. Изменить число оборотов шпинделя:			
а) одним рычагом	0,04	0,05	0,06
б) двумя рычагами	0,06	0,07	0,08
в) тремя рычагами	0,08	0,08	0,10
4. Изменить величину или направление подачи:	0,04	0,05	0,06
а) одним рычагом	0,06	0,07	0,08

б) двумя рычагами			
5. Включить автоматическое ускоренное перемещение, подвести деталь к фрезе перемещением стола	0,06	0,07	0,09
6. Включить автоматическое ускоренное перемещение, отвести деталь к фрезе перемещением стола	0,04	0,06	0,08
7. Перемещением стола вручную подвести деталь к фрезе и отвести	0,05	0,06	0,08

Таблица 2.4

**Вспомогательное время на установку и снятие детали
при фрезеровании**

Способ установки детали	Состояние установоч- ной поверх- ности	Харак- тер вы- верки	Количество одновре- менно уста- новленных деталей	Вес детали, кг, до			
				0,25	1	3	5
				Время, мин			
1. В тисках с винтовым зажимом	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,2 3	0,2 7	0,2 9	0,3 2
			2	0,2 9	0,3 5	0,4 0	0,4 6
			3	0,3 5	0,4 3	0,5	0,6
	Необрабо- танная		1	0,2 8	0,3 2	0,3 4	0,3 7
	Литье	С вы- веркой рейс- мусом	1	0,7	0,8	0,8 5	0,0 5
2. В само- центриру- ющих призмах	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,1	0,1 3	0,1 5	0,1 7

Таблица 2.5

Вспомогательное время, связанное с переходом при фрезеровании

Содержание работ	Способ установки инструмента на стружку	Длина стола станка, мм		
		750	125 0	180 0
		Время, мин		
1. Фрезерование поверхности	По автоматической	0,14	0,18	0,22

	настройке			
	а) по лимбу	0,24	0,3	0,37
	б) по разметке	0,47	0,6	0,7
	г) по шаблону и приспособлению	0,31	0,38	0,46
2. Изменение числа оборотов шпинделя		0,06	0,07	0,08
3. Изменение величины или направления подачи		0,06	0,07	0,08
4. Перемещение стола в продольном направлении на длину до 300 мм		0,04	0,04	0,04

Таблица 2.6

Определение нормы времени хронометрированием

№	Содержание комплекса приемов	Обработанные детали					Число принятых замеров	Сумма времени	Средняя продолжительность
		1	2	3	4	5			
		Время, с							
1.	Взять деталь, установить в приспособление и закрепить								
2.	Подвести инструмент к заготовке, включить вращение шпинделя и включить подачу								
3.	Обточить (фрезеровать) заготовку								
4.	Остановить вращение шпинделя, выключить подачу и отвести инструмент в исходное положение								
5.	Открепить деталь и установить на место								

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22

Назначение технически обоснованных норм времени на выполнение станочных операций (по видам обработки)

2.1 Определение нормы штучного времени ($t_{шт.}$). Техническим расчетом

$t_{шт.}$ определяется по формуле, мин:

$$t_{шт.} = (t_o + t_{\epsilon}) \left(1 + \frac{K}{100} \right),$$

где t_o - основное время, в течение которого происходит изменение формы и размеров заготовки; t_{ϵ} - вспомогательное время, необходимое для управления станком, перемещения режущего инструмента, установки, закрепления, снятия детали и заполнения других работ (табл. 2.5).

Сумму основного и вспомогательного времени принято называть оперативным временем

$$t_{on} = t_o + t_{\epsilon}$$

k – коэффициент, учитывающий потери времени на обслуживание рабочего места и перерыва в работе. Для станочной обработки $k = 4 \dots 8$.

Основное время при точении определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где L – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

i – число проходов;

n – число оборотов шпинделя, об./мин;

S – подача, мм/об.;

Пройденный путь инструмента определяется так

$$L = l_{\epsilon} + l + l_n,$$

где l_{ϵ} – длина пути врезаемого режущего инструмента, мм;

$$l_{\epsilon} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi};$$

l_n – длина перебега, мм, $l_n = 1 \dots 2$ мм.

При фрезеровании основное время определяется так

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

где L – пройденный путь инструмента, мм;

i – число проходов;

S_m – минутная подача, мм/мин.

При торцевом симметричном фрезеровании, мм

$$l_g = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) + (0,5 \div 0,3),$$

где D – диаметр фрезы, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_n – длина перебега фрезы, $l_n = 2 \dots 6$ мм.

Минутная подача определяется так

$$S_m = S \cdot z \cdot n_{\phi},$$

где S_m – минутная подача, мм/мин;

z – число зубьев фрезы,

n_{ϕ} – число оборотов фрезы, об./мин.

2.2 Определение нормы времени хронометрированием

Для определения нормы времени хронометрированием выполняемую операцию необходимо расчленить на укрупненные комплексы последовательных приемов. Эти комплексы должны иметь определенную целевую законченность. Для удобства замера их продолжительности не должны быть очень кратковременными. Хронометраж проводится после обработки двух-трех первых заготовок для приобретения навыков выполнения работы. Замеры времени осуществляются хронометром. Произведенные замеры времени заносят в хронометражную карту. Значения, резко отличающиеся по своей величине от остальных в том же ряду, исключаются. После этого устанавливают нормальную продолжительность каждого комплекса приемов, которая принимается равной среднему арифметическому для данного ряда наблюдений. Суммированием средних арифметических определяют время. На оперативное время, полученное хронометражем, начисляют время обслуживания рабочего места и перерывов. Тогда

$$t_{um} = (t_o + t_e) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \text{ (мин)}.$$

2.2.1 Задание. Определить техническим расчетом и хронометрированием норму времени для заданной операции.

2.2.2 Условия выполнения работы.

а) Для токарной операции

Станок токарно-винторезный 1К62

Приспособление –трехкулачковый патрон, оправка.

Инструмент – проходной резец $\varphi = 45^\circ$; Т15К6.

Заготовка – сталь 45

Измерительный инструмент- хронометр

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм};$

$S = 0.14 \dots 0,21 \text{ мм/об};$

$V = 50 \dots 60 \text{ м/мин};$

$i = 1.$

б) Для фрезерной операции

Станок вертикально-фрезерный

Приспособление-тиски

Инструмент - концевая фреза $D = 40 \text{ мм};$ материал Р6М5

Заготовка - сталь 45

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм};$

$S = 0.1 \dots 0,12 \text{ мм/об};$

$V = 30 \dots 40 \text{ м/мин};$

$i = 1.$

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Выбрать режимы резания.

2.3.2 Измерить размеры обрабатываемой заготовки и определить ее вес.

2.3.3 Определить основное время t_o .

2.3.4 Выбрать вспомогательные времена (табл. 1÷5)

2.3.5 Определить техническим расчетом штучное время $t_{шт}$.

2.3.6 Установить заготовку на станок и по выбранным режимам провести обработку, одновременно хронометром измерить продолжительность отдельных элементов операции.

2.3.7 Полученные данные внести в хронометражную карту (табл..6)

2.3.8 По данным хронометра определить t_{on} и t_{um} .

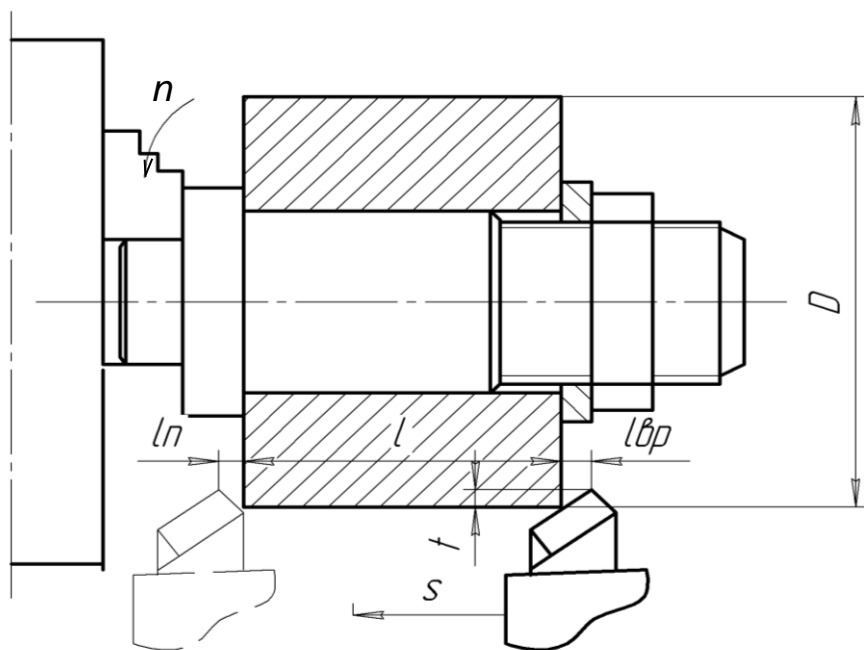
2.4 В отчете работы приводятся

- 1) Эскиз операции обработки заготовки (см. рис.)
- 2) Данные о режимах обработки, размеры заготовки и t_6 .
- 3) Значения t_o , t_{on} , t_{um} по техническому расчету.
- 4) Заполненная хронометрическая карта (см. табл.6).
- 5) Значения t_{on} и t_{um} по данным хронометра,
- 6) Анализ полученных результатов и выводы.

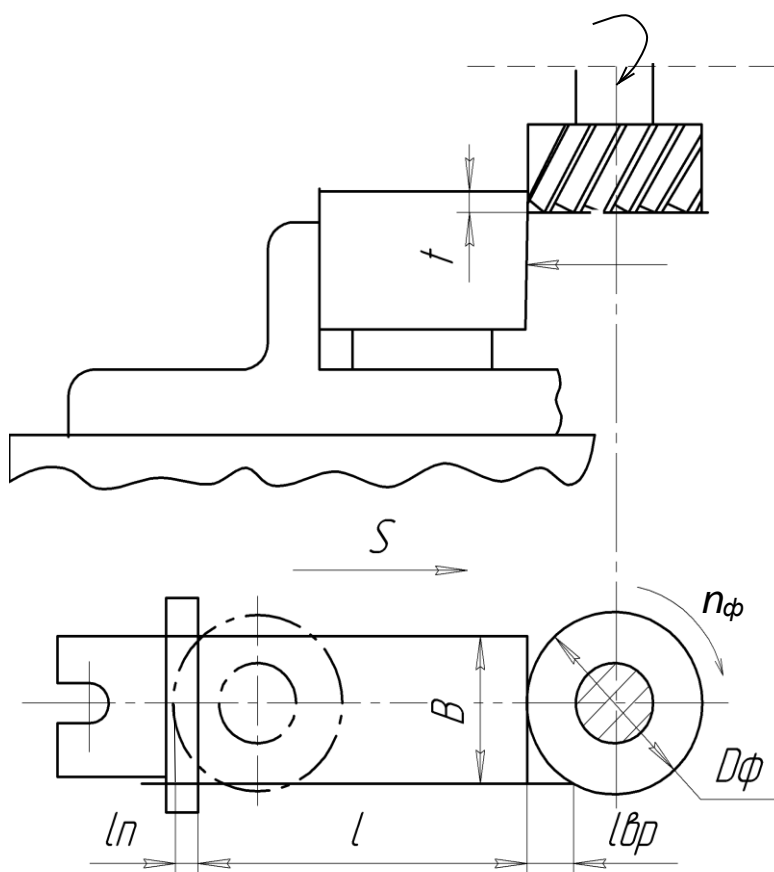
Таблица 2.1

Вспомогательное время на установку и снятие детали при точении

Содержание работ	Способ установки детали		Вес детали, кг			
			0,25	0,5	1	3
			Время, мин			
Взять деталь, установить на оправку и закрепить. Включить станок. Выключить станок, открепить деталь, снять с оправки и отложить на место.	На гладкой или шлицевой концевой оправке.	При свободном одевании детали	0,09	0,10	0,11	0,12
		При тугом одевании детали под прессом	0,17	0,18	0,19	0,20
	На концевой оправке с гайкой	Шайба быстросменная	0,20	0,21	0,22	0,24
		Шайба простая	0,38	0,41	0,43	0,45



а)



б)

Рис. 2.1. Схемы токарной (а) и фрезерной (б) обработки заготовки

Таблица 2.2

Вспомогательное время, связанное с переходом при точении

Наименование приемов	Длина пере- меще- ния	Наибольший диаметр из- делия, устанавливаемого над станиной, мм	
		250	400
		Время, мин	
1. Подвести инструмент к дета-	-	0,02	0,025
2. Включить подачу	-	0,015	0,015
3. Выключить подачу	-	0,015	0,015
4. Отвести инструмент	-	0,02	0,025
5. Включить вращение шпинде-	-	0,01	0,01
6. Выключить вращение шпин-	-	0,01	0,01

Таблица 2.3

**Вспомогательное время на приемы управления станком
при фрезеровании**

Наименование приемов	Длина стола станка, мм		
	750	1250	1800
	Время, мин		
1. Включить станок (с полуавтоматическим циклом или с программным управлением)	0,03	0,04	0,06
2. Включить или выключить вращение фрезы:	0,02	0,02	0,03
а) кнопкой	0,02	0,03	0,04
б) рычагом			
3. Изменить число оборотов шпинделя:			
а) одним рычагом	0,04	0,05	0,06
б) двумя рычагами	0,06	0,07	0,08
в) тремя рычагами	0,08	0,08	0,10
4. Изменить величину или направление подачи:	0,04	0,05	0,06
а) одним рычагом	0,06	0,07	0,08

б) двумя рычагами			
5. Включить автоматическое ускоренное перемещение, подвести деталь к фрезе перемещением стола	0,06	0,07	0,09
6. Включить автоматическое ускоренное перемещение, отвести деталь к фрезе перемещением стола	0,04	0,06	0,08
7. Перемещением стола вручную подвести деталь к фрезе и отвести	0,05	0,06	0,08

Таблица 2.4

**Вспомогательное время на установку и снятие детали
при фрезеровании**

Способ установки детали	Состояние установоч- ной поверх- ности	Харак- тер вы- верки	Количество одновре- менно уста- новленных деталей	Вес детали, кг, до			
				0,25	1	3	5
				Время, мин			
1. В тисках с винтовым зажимом	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,2 3	0,2 7	0,2 9	0,3 2
			2	0,2 9	0,3 5	0,4 0	0,4 6
			3	0,3 5	0,4 3	0,5	0,6
	Необрабо- танная		1	0,2 8	0,3 2	0,3 4	0,3 7
	Литье	С вы- веркой рейс- мусом	1	0,7	0,8	0,8 5	0,0 5
2. В само- центриру- ющих призмах	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,1	0,1 3	0,1 5	0,1 7

Таблица 2.5

Вспомогательное время, связанное с переходом при фрезеровании

Содержание работ	Способ установки инструмента на стружку	Длина стола станка, мм		
		750	125 0	180 0
		Время, мин		
1. Фрезерование поверхности	По автоматической	0,14	0,18	0,22

	настройке			
	а) по лимбу	0,24	0,3	0,37
	б) по разметке	0,47	0,6	0,7
	г) по шаблону и приспособлению	0,31	0,38	0,46
2. Изменение числа оборотов шпинделя		0,06	0,07	0,08
3. Изменение величины или направления подачи		0,06	0,07	0,08
4. Перемещение стола в продольном направлении на длину до 300 мм		0,04	0,04	0,04

Таблица 2.6

Определение нормы времени хронометрированием

№	Содержание комплекса приемов	Обработанные детали					Число принятых замеров	Сумма времени	Средняя продолжительность
		1	2	3	4	5			
		Время, с							
1.	Взять деталь, установить в приспособление и закрепить								
2.	Подвести инструмент к заготовке, включить вращение шпинделя и включить подачу								
3.	Обточить (фрезеровать) заготовку								
4.	Остановить вращение шпинделя, выключить подачу и отвести инструмент в исходное положение								
5.	Открепить деталь и установить на место								

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23

Организация рабочего места станочника (по видам обработки)

Норма времени – это регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Определение нормы времени называется техническим нормированием.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равной единице нормирования. В машиностроении норма времени определяется техническим расчетом, хронометрированием и сравнением. В данной работе требуется определить нормы штучного времени при механической обработке техническим расчетом и хронометрированием.

2.1 Определение нормы штучного времени ($t_{шт.}$). Техническим расчетом

$t_{шт.}$ определяется по формуле, мин:

$$t_{um.} = (t_0 + t_{\epsilon}) \left(1 + \frac{K}{100} \right),$$

где t_0 - основное время, в течение которого происходит изменение формы и размеров заготовки; t_{ϵ} - вспомогательное время, необходимое для управления станком, перемещения режущего инструмента, установки, закрепления, снятия детали и заполнения других работ (табл. 2.5).

Сумму основного и вспомогательного времени принято называть оперативным временем

$$t_{on} = t_0 + t_{\epsilon}$$

k – коэффициент, учитывающий потери времени на обслуживание рабочего места и перерыва в работе. Для станочной обработки $k = 4 \dots 8$.

Основное время при точении определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s},$$

где L – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

i – число проходов;

n – число оборотов шпинделя, об./мин;

S – подача, мм/об.;

Пройденный путь инструмента определяется так

$$L = l_g + l + l_n,$$

где l_g – длина пути врезаемого режущего инструмента, мм;

$$l_g = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi};$$

l_n – длина перебега, мм, $l_n = 1 \dots 2$ мм.

При фрезеровании основное время определяется так

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

где L – пройденный путь инструмента, мм;

i – число проходов;

S_m – минутная подача, мм/мин.

При торцевом симметричном фрезеровании, мм

$$l_g = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) + (0,5 \div 0,3),$$

где D – диаметр фрезы, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_n – длина перебега фрезы, $l_n = 2 \dots 6$ мм.

Минутная подача определяется так

$$S_m = S \cdot z \cdot n_{\phi},$$

где S_m – минутная подача, мм/мин;

z – число зубьев фрезы,

n_{ϕ} – число оборотов фрезы, об./мин.

2.2 Определение нормы времени хронометрированием

Для определения нормы времени хронометрированием выполняемую операцию необходимо расчлнить на укрупненные комплексы последовательных приемов. Эти комплексы должны иметь определенную целевую законченность. Для удобства замера их продолжительности не должны быть очень кратковременными. Хронометраж проводится после обработки

двух-трех первых заготовок для приобретения навыков выполнения работы. Замеры времени осуществляются хронометром. Произведенные замеры времени заносят в хронометражную карту. Значения, резко отличающиеся по своей величине от остальных в том же ряду, исключаются. После этого устанавливают нормальную продолжительность каждого комплекса приемов, которая принимается равной среднему арифметическому для данного ряда наблюдений. Суммированием средних арифметических определяют время. На оперативное время, полученное хронометражем, начисляют время обслуживания рабочего места и перерывов. Тогда

$$t_{um} = (t_o + t_g) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \text{ (мин)}.$$

2.2.1 Задание. Определить техническим расчетом и хронометрированием норму времени для заданной операции.

2.2.2 Условия выполнения работы.

а) Для токарной операции

Станок токарно-винторезный 1К62

Приспособление –трехкулачковый патрон, оправка.

Инструмент – проходной резец $\varphi = 45^\circ$; Т15К6.

Заготовка – сталь 45

Измерительный инструмент- хронометр

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм};$ $S = 0.14 \dots 0,21 \text{ мм/об};$

$V = 50 \dots 60 \text{ м/мин};$ $i = 1.$

б) Для фрезерной операции

Станок вертикально-фрезерный

Приспособление-тиски

Инструмент - концевая фреза $D = 40 \text{ мм};$ материал Р6М5

Заготовка - сталь 45

Режимы резания:

$t = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм};$ $S = 0.1 \dots 0,12 \text{ мм/об};$

$V = 30 \dots 40 \text{ м/мин};$ $i = 1.$

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Выбрать режимы резания.

- 2.3.2 Измерить размеры обрабатываемой заготовки и определить ее вес.
- 2.3.3 Определить основное время t_o .
- 2.3.4 Выбрать вспомогательные времена (табл. 1÷5)
- 2.3.5 Определить техническим расчетом штучное время $t_{шт}$.
- 2.3.6 Установить заготовку на станок и по выбранным режимам провести обработку, одновременно хронометром измерить продолжительность отдельных элементов операции.
- 2.3.7 Полученные данные внести в хронометражную карту (табл..6)
- 2.3.8 По данным хронометра определить t_{on} и t_{um} .

2.4 В отчете работы приводятся

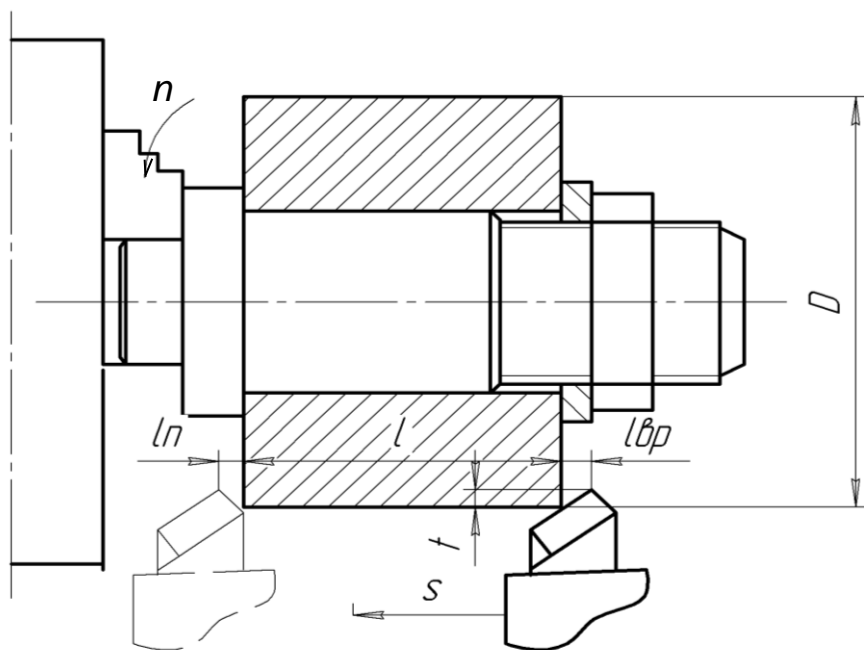
- 1) Эскиз операции обработки заготовки (см. рис.)
- 2) Данные о режимах обработки, размеры заготовки и t_6 .
- 3) Значения t_o , t_{on} , t_{um} по техническому расчету.
- 4) Заполненная хронометрическая карта (см. табл.6).
- 5) Значения t_{on} и t_{um} по данным хронометра,
- 6) Анализ полученных результатов и выводы.

Таблица 2.1

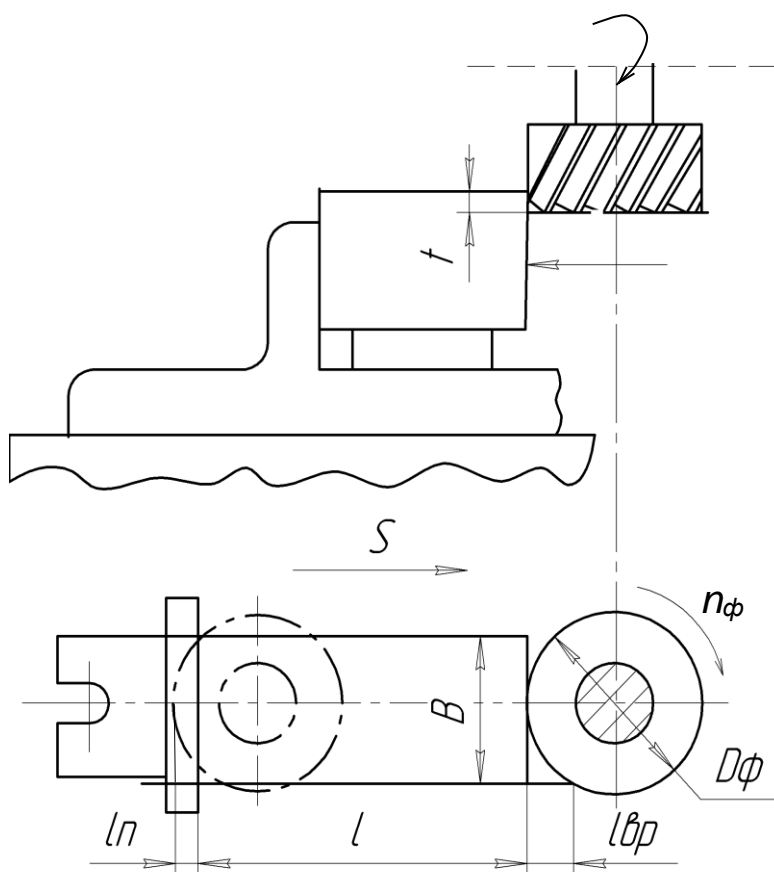
Вспомогательное время на установку и снятие детали при точении

Содержание работ	Способ установки детали		Вес детали, кг			
			0,25	0,5	1	3
			Время, мин			
Взять деталь, установить на оправку и закрепить. Включить станок. Выключить станок, открепить деталь, снять с оправки и отложить на место.	На гладкой или шлицевой концевой оправке.	При свободном одевании детали	0,09	0,10	0,11	0,12
		При тугом одевании детали под давлением	0,17	0,18	0,19	0,20
	На концевой оправке с гайкой	Шайба быстросменная	0,20	0,21	0,22	0,24

		Шайба про- стая	0,38	0,41	0,43	0,45
--	--	--------------------	------	------	------	------



а)



б)

Рис. 2.1. Схемы токарной (а) и фрезерной (б) обработки заготовки

Таблица 2.2

Вспомогательное время, связанное с переходом при точении

Наименование приемов	Длина пере- меще- ния	Наибольший диаметр из- делия, устанавливаемого над станиной, мм	
		250	400
		Время, мин	
1. Подвести инструмент к дета-	-	0,02	0,025
2. Включить подачу	-	0,015	0,015
3. Выключить подачу	-	0,015	0,015
4. Отвести инструмент	-	0,02	0,025
5. Включить вращение шпинде-	-	0,01	0,01
6. Выключить вращение шпин-	-	0,01	0,01

Таблица 2.3

**Вспомогательное время на приемы управления станком
при фрезеровании**

Наименование приемов	Длина стола станка, мм		
	750	1250	1800
	Время, мин		
1. Включить станок (с полуавтоматическим циклом или с программным управлением)	0,03	0,04	0,06
2. Включить или выключить вращение фрезы:	0,02	0,02	0,03
а) кнопкой	0,02	0,03	0,04
б) рычагом			
3. Изменить число оборотов шпинделя:			
а) одним рычагом	0,04	0,05	0,06
б) двумя рычагами	0,06	0,07	0,08
в) тремя рычагами	0,08	0,08	0,10
4. Изменить величину или направление подачи:	0,04	0,05	0,06
а) одним рычагом	0,06	0,07	0,08

б) двумя рычагами			
5. Включить автоматическое ускоренное перемещение, подвести деталь к фрезе перемещением стола	0,06	0,07	0,09
6. Включить автоматическое ускоренное перемещение, отвести деталь к фрезе перемещением стола	0,04	0,06	0,08
7. Перемещением стола вручную подвести деталь к фрезе и отвести	0,05	0,06	0,08

Таблица 2.4

**Вспомогательное время на установку и снятие детали
при фрезеровании**

Способ установки детали	Состояние установоч- ной поверх- ности	Харак- тер вы- верки	Количество одновре- менно уста- новленных деталей	Вес детали, кг, до			
				0,25	1	3	5
				Время, мин			
1. В тисках с винтовым зажимом	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,2 3	0,2 7	0,2 9	0,3 2
			2	0,2 9	0,3 5	0,4 0	0,4 6
			3	0,3 5	0,4 3	0,5	0,6
	Необрабо- танная		1	0,2 8	0,3 2	0,3 4	0,3 7
	Литье	С вы- веркой рейс- мусом	1	0,7	0,8	0,8 5	0,0 5
2. В само- центриру- ющих призмах	Обработан- ная или прокат	Без вывер- ки	1	0,1	0,1 3	0,1 5	0,1 7

Таблица 2.5

Вспомогательное время, связанное с переходом при фрезеровании

Содержание работ	Способ установки инструмента на стружку	Длина стола станка, мм		
		750	125 0	180 0
		Время, мин		
1. Фрезерование поверхности	По автоматической	0,14	0,18	0,22

	настройке			
	а) по лимбу	0,24	0,3	0,37
	б) по разметке	0,47	0,6	0,7
	г) по шаблону и приспособлению	0,31	0,38	0,46
2. Изменение числа оборотов шпинделя		0,06	0,07	0,08
3. Изменение величины или направления подачи		0,06	0,07	0,08
4. Перемещение стола в продольном направлении на длину до 300 мм		0,04	0,04	0,04

Таблица 2.6

Определение нормы времени хронометрированием

№	Содержание комплекса приемов	Обработанные детали					Число принятых замеров	Сумма времени	Средняя продолжительность
		1	2	3	4	5			
		Время, с							
1.	Взять деталь, установить в приспособление и закрепить								
2.	Подвести инструмент к заготовке, включить вращение шпинделя и включить подачу								
3.	Обточить (фрезеровать) заготовку								
4.	Остановить вращение шпинделя, выключить подачу и отвести инструмент в исходное положение								
5.	Открепить деталь и установить на место								

Библиографический рекомендуемый список

1. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроит. спец. вузов. – 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2001. - 591с.
2. Размерный анализ технологических процессов/В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя/Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Т. 1-2. М., 1985.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/Под ред. Г.А. Монахова. М., 1974.
5. Станочные приспособления. Справочник. Т. 1-2. М., 1984.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	2
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ.....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА РЕЗЦА ОТ ПУТИ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 БАЗИРОВАНИЕ И БАЗЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ МЕТОДОМ	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ЗАГОТОВКИ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОКАРНОГО РЕЗЦА ОТ ПУТИ РЕЗАНИЯ	62
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ НАСТРОЙКИ СТАНКА НА РАЗМЕР	69
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА	78
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11 ПАСПОРТИЗАЦИЯ СТАНКА	87
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12 Изучение конструкции и исследование точности позиционирования фрезерного станка модели 6М11Ф3	96
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13 Изучение конструкции токарного станка модели 16Б16 с ЧПУ типа 2Р22	113
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 16Б16 С ЧПУ ТИПА 2Р22 СОСТАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	130
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15 Изучение конструкции многооперационного станка модели 6902 с системой ЧПУ	147
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16 Изучение системы управления станка 6902 с ЧПУ типа "Размер 2" 2Р22 Составление управляющей программы.....	160
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17 Моделирование кинематической схемы привода главного движения (подачи) с использованием ЭВМ.....	172
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18 Изучение технологических возможностей многоцелевого станка с ЧПУ модели 6904ВМФ2	186
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19 разработка технологического процесса обработки детали на многооперационном станке	200
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20 Определение нормы штучного времени при обработке деталей резанием методом хронометража	218
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21 Составление карты рабочего времени	220
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22 Назначение технически обоснованных норм времени на выполнение станочных операций (по видам обработки)	228
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23 Организация рабочего места станочника (по видам обработки).....	238
Библиографический рекомендуемый список	249

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
РАБОТ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ
«РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Гусев С.В

Муром 2017 г.

Оглавление

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ.....	5
§1. Способы обработки металлов резанием. Движения в процессе обработки заготовки	5
§2. Материалы для режущих инструментов	5
§3. Классификация и нумерация металлорежущих станков	7
ГЛАВА 2. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ	8
§1. Основное технологическое время при обработке резанием	9
§2. Плоскости, части, элементы и углы резца	9
§3. Элементы резания. Геометрия срезаемого слоя	12
§4. Типы резцов.....	13
§5. Общий вид токарно-винторезного станка	14
§6. Работы, выполняемые на токарно-винторезных станках, и применяемые при этом приспособления	16
§7. Револьверные и карусельные станки	19
ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ.....	20
§1. Элементы резания при сверлении и рассверливании.	20
§2. Части, элементы и геометрические параметры спирального сверла	21
§3. Вертикально-сверлильный и радиально- сверлильный станки.....	22
§4. Работы, выполняемые на сверлильных станках.....	23
ГЛАВА 4. ОБРАБОТКА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ.....	23
§1. Типы расточных станков. Горизонтально-расточной станок.....	23
§2. Работы, выполняемые на расточных станках	24
ГЛАВА 5. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ	25
§1. Схемы фрезерования. Элементы резания при фрезеровании	25
§2. Основные типы фрез	26
§3. Элементы и геометрические параметры цилиндрической фрезы.....	27
Скорость резания. Подача	28
§4. Типы фрезерных станков	28
§5. Работы, выполняемые на фрезерных станках.	29
ГЛАВА 6. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ	30
§1. Схемы круглого и плоского шлифования. Элементы резания при шлифовании	30
§2. Абразивные инструменты. Характеристики шлифовальных кругов ...	32
Скорость круга и заготовки	34
Типы шлифовальных станков	35
Обработка на круглошлифовальных станках	35
§3. Бесцентровое шлифование	36
§4. Обработка на внутришлифовальных станках	37
§5. Обработка на плоскошлифовальных станках	37

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

§1. Способы обработки металлов резанием.

Движения в процессе обработки заготовки

Деталью называется готовое изделие из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, не требующее дальнейшей обработки.

Заготовкой называется исходный металл (полуфабрикат) для изготовления детали путем последующей ее обработки.

Одним из способов изготовления деталей машин является механическая обработка заготовок резанием. Обработка резанием заключается в срезании с обрабатываемой заготовки некоторой массы металла, специально оставленной на обработку и называемой *припуском*. После срезания с заготовки всего припуска, оставленного на обработку, заготовка прекращает свое существование и превращается в готовую деталь.

Металл, удаляемый в процессе резания с заготовки, подвергается пластическому деформированию и разрушению. В результате этого материал припуска, отделенный от обрабатываемой заготовки, приобретает характерную форму и в таком виде его принято называть *стружкой*.

Чтобы получить ту или иную поверхность детали, в процессе обработки заготовки необходимо выполнять различные движения узлов и частей металлорежущих станков. Все движения в металлорежущих станках делят на рабочие (основные) и холостые (вспомогательные).

Движения рабочих органов станка, в результате которых с обрабатываемой заготовки снимается слой металла в виде стружки или изменяется состояние обрабатываемой поверхности (например, при обкатке), называют рабочими (основными) движениями. Движения, при которых с обрабатываемой заготовки металл не срезается и инструмент не изменяет состояния обрабатываемой поверхности, называют холостыми движениями (подвод суппорта, установка заготовки и др.).

Рабочее движение, скорость которого больше скорости остальных рабочих движений и которое определяет скорость отделения стружки, называют главным движением, а скорость этого движения называют скоростью резания. Остальные рабочие движения называют подачей.

§2. Материалы для режущих инструментов

В настоящее время в машиностроении для изготовления режущих инструментов применяют инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали. Кроме перечисленных сталей, применяют также пластины твердых металлокерамических и минералокерамических материалов.

Инструментальные углеродистые стали в настоящее время имеют огра-

ниченное применение вследствие низкой красностойкости. Инструменты из этой стали хотя и имеют твердость после термообработки *HRC* 60...63, но при нагреве до 200...250°C твердость резко падает и инструмент тупится.

Из инструментальной углеродистой стали марок У10А, У12А изготавливают режущие инструменты, работающие с малыми скоростями резания ($v \leq 10$ м/мин), например, напильники, ножовочные полотна, метчики, плашки и т. д. Инструментальные, легированные стали отличаются от углеродистых инструментальных сталей тем, что в них введены легирующие металлы: хром, вольфрам, молибден, ванадий, никель и др. Эти стали содержат 0.85...1.5% С. Они после закалки имеют твердость *HRC* 62...64, обладают высокой вязкостью и высокими механическими качествами $\sigma_B = 1600...1700$ МПа. Однако их красностойкость не превышает 350...400°C, поэтому эти стали применяют при изготовлении режущих инструментов для обработки металлов (отбеленный чугун, нагартованную сталь и т. п.) при малых и умеренных скоростях резания (примерно в 1.2...1.5 раза больших, чем при работе инструментами, изготовленными из инструментальной углеродистой стали). Легированная хромокремнистая сталь 9ХС и особенно хромовольфрамовые марок ХВГ и 9ХВГ мало деформируются при закалке, что очень важно при изготовлении таких сложных режущих инструментов, как протяжки, длинные развертки, метчики, сверла, фрезы и т. п.

Быстрорежущие стали — это хромовольфрамовые стали с содержанием вольфрама от 6 до 19% и от 3.8 до 4.4% хрома. Режущий инструмент из быстрорежущих сталей имеет после термообработки твердость *HRC* 62...65, повышенную сопротивляемость износу и сохраняет режущие свойства при нагреве до 600...650°C. Это позволяет работать инструментом, изготовленным из быстрорежущей стали со скоростями, в 2...4 раза большими, чем инструментами, изготовленными из инструментальной углеродистой стали.

В настоящее время широко применяют быстрорежущие стали марок Р6М5 и Р18 с содержанием вольфрама в среднем соответственно 6 и 18%. Кроме этих основных марок, при обработке жаропрочных и других сплавов применяют кобальтовые и ванадиевые инструментальные быстрорежущие стали марок Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р8К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р18К5Ф2.

В приведенных марках буква Р обозначает вольфрам, буква Ф — ванадий, буква К — кобальт, а следующие за буквой цифры обозначают содержание данного металла в процентах. Например, марка стали Р10К5Ф5 содержит десять процентов вольфрама, пять процентов кобальта и пять процентов ванадия.

Твердые сплавы представляют раствор карбидов вольфрама и карбидов титана в металлическом кобальте. Их изготавливают в виде пластин необходимой формы путем спекания при температуре около 1900°C. Получающиеся пластины обладают очень высокой твердостью *HRC* 88...92, большой износостойкостью и красностойкостью (900...1000°C). Пластины твердых сплавов припаивают или механически крепят специальными прижимами к корпусу (державке) из конструкционной или инструментальной углеродистой стали (У7А, У8А).

Режущие инструменты с пластинами из твердых сплавов применяют для обработки самых твердых металлов, включая закаленную сталь и неметалличе-

ские материалы (стекло, фарфор, пластмассы) при скоростях резания в 3...4 раза больше, чем скорость обработки инструментом из быстрорежущей стали.

В настоящее время заводы твердых сплавов выпускают две основные группы этих сплавов: вольфрамовая группа, основные марки которой ВК2, ВК3, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВК8В; титановольфрамовая, основными марками Т5К10, Т5К12В, Т14К8, Т15К6, Т30К4 и Т60К6 и тантало-титановольфрамовая ТТ7К12. Твердые сплавы группы ВК предназначены для обработки чугуна и других твердых, хрупких металлов и неметаллических материалов; сплавы группы ТК предназначаются для обработки сталей.

Во всех приведенных марках твердых сплавов цифры после буквы К обозначают содержание кобальта в процентах, а цифры после буквы Т — содержание карбида титана в процентах; остальное до 100% — карбиды вольфрама. Например, твердый сплав ВК6 содержит 6% кобальта и 94% карбидов вольфрама; сплав Т60К6 — 60% карбида титана, 6% кобальта и 34% карбида вольфрама.

Минералокерамический материал для изготовления пластин к режущим инструментам состоит из окиси алюминия (Al_2O_3) и получается методом прессования с последующей термообработкой. Минералокерамические пластины крепят механически к металлическим державкам или же припаивают их, предварительно подвергая металлизации. В промышленности применяют минералокерамические пластины марок Т-48 и ЦМ-332. Эти материалы, обладая очень большой твердостью ($HRC\ 91...93$) и красностойкостью $1200^{\circ}C$, позволяют обрабатывать металлы резанием со скоростью до $2000\ м/мин$, т. е. превышающую скорость резания твердыми сплавами в 1.5...2 раза. Но существенным недостатком минералокерамического материала является высокая хрупкость, препятствующая его широкому внедрению в промышленность.

Наиболее эффективно минералокерамические материалы используют для режущего инструмента при получистовой и чистовой обработке сталей, чугуна и цветных металлов в условиях безударной нагрузки.

§3. Классификация и нумерация металлорежущих станков

По виду обработки и виду режущего инструмента станки называются токарными, сверлильными, фрезерными, шлифовальными и т. д.

Все металлорежущие станки в зависимости от специализации делят на следующие группы:

1) универсальные, применяемые для обработки различных по форме и размерам, поверхностей на деталях многих наименований. Универсальные станки используются в штучном и отчасти в мелкосерийном производствах и в ремонтных цехах;

2) специализированные, применяемые для обработки различных поверхностей на деталях одного наименования или немногих наименований, сходных по конфигурации, но различных размеров, например ступенчатых валиков, колес подшипников качения, шкивов и т. п. Специализированные станки используются главным образом в серийном производстве;

3) специальные, применяемые для обработки одних деталей, как, например,

обточки шеек коленчатых валов, для обточки фасонного профиля реборд вагонных колес и т. п.

Кроме этого, в зависимости от веса и размеров станки классифицируют на:

1. Легкие станки — до 10 кН, применяемые для обработки деталей приборов, часов, швейных машин.
2. Средние станки весом до 100 кН, применяющиеся главным образом в среднем машиностроении.
3. Тяжелые станки — свыше 100 кН:
 - 3.1 крупные станки весом от 100 до 300 кН;
 - 3.2 тяжелые станки весом от 300 до 1 МН;
 - 3.3 особо тяжелые или уникальные (более 100 МН).

По точности станки делятся на пять классов:

1. Класс Н — станки нормальной точности.
2. Класс П — станки повышенной точности.
3. Класс В — станки высокой точности.
4. Класс А — станки особо высокой точности.
5. Класс С — особо точные или мастер-станки.

Для обеспечения требуемой точности работы станков классов В, А и С их устанавливают в специальных термоконстантных (с автоматически регулируемой постоянной температурой и влажностью) помещениях.

Нумерация металлорежущих станков в РФ производится по системе, предложенной экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС).

Согласно этой системе все станки делятся на девять групп. Каждому станку присваивается трех- или четырехзначный номер. Первая цифра номера означает группу станка: 1 — токарные, 2 — сверлильные и так далее. Вторая цифра означает разновидность (тип) станков, например, токарно-винторезные станки имеют вторую цифру 6, токарные полуавтоматы и автоматы одношпиндельные — вторую цифру 1 и т. д. Третья и четвертая цифры номера станка обозначают условно размеры обрабатываемой заготовки или размеры режущего инструмента. Для отличия новой модели станка от старой, выпускавшейся ранее, к номеру добавляют букву. Буква после первой цифры указывает на модернизацию станка (например, токарно-винторезный станок модель 1А62, 1К62), буква после всех цифр обозначает видоизменение (модификацию) основной модели станка (1Д62М — токарно-винторезный, 3153М — круглошлифовальный, 372Б — плоскошлифовальный модифицированный)

ГЛАВА 2. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Основное назначение станков токарной группы состоит в обработке наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения, а также нарезания резьб.

В качестве режущего инструмента на токарных станках применяют резцы разнообразных форм; для изготовления отверстий — сверла, зенкеры и раз-

вертки, а для нарезания резьб — метчики и плашки.

В результате обработки заготовок получают такие детали, как валы, втулки, диски, муфты, винты, гайки и т. п.

§1. Основное технологическое время при обработке резанием

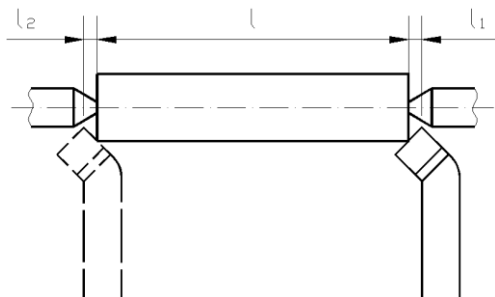


Рис. 1. Схема к определению T_o

Основное время, затрачиваемое на процесс удаления припуска резанием, определяют по формуле

$$T_o = \frac{L_p}{nS} i,$$

где L_p — расчетная длина прохода резца в мм; n — число оборотов обрабатываемой заготовки в мин; S — подача резца в мм/об, i — число проходов, необходимое для снятия стружки.

Например, при обтачивании наружной цилиндрической поверхности (рис. 1)

$$L_p = l + l_2 + l_1,$$

где l_1 — длина врезания резца в мм, l_2 — перебежка для удаления заусенцев в мм;

$$l_2 \geq S \text{ мм/об} \approx 1 \dots 3, \text{ мм.}$$

Для других случаев обработки получают формулы, аналогичные данной.

§2. Плоскости, части, элементы и углы резца

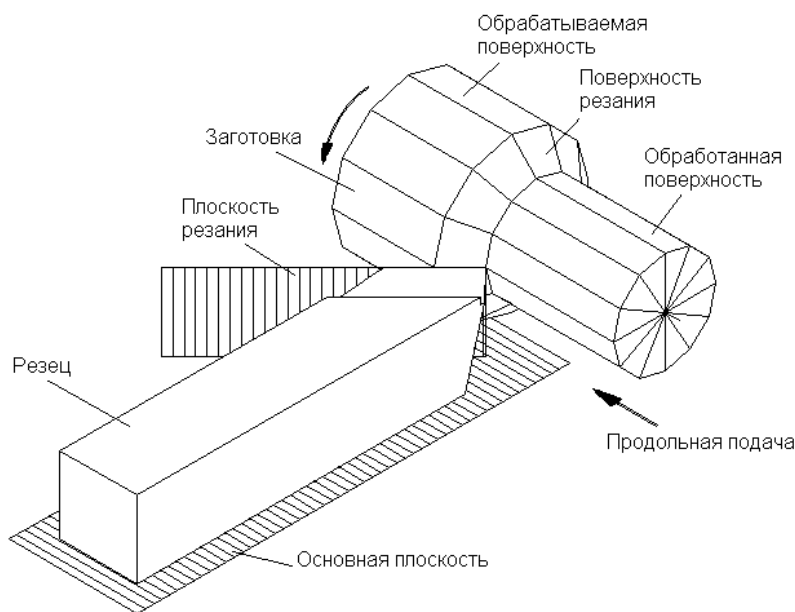


Рис. 2. Схема точения

На обрабатываемой заготовке при снятии с нее слоя металла различают следующие поверхности (рис. 2):

1. *Обрабатываемая поверхность* — поверхность, которая срезается в результате обработки.
2. *Обработанная поверхность* — поверхность, получающаяся в результате снятия слоя металла.
3. *Поверхность резания* — поверхность, образуемая на обрабатываемой за-

готовке режущим лезвием резца в процессе работы.

Для определения углов резца (рис. 2) пользуются координатными плоскостями: *плоскостью резания*, касательной к поверхности резания и проходящей через главное режущее лезвие; *основной плоскостью*, параллельной продольному и поперечному перемещению резца в процессе работы; *главной секущей плоскостью*, перпендикулярной к проекции главного режущего лезвия на основную плоскость (след этой плоскости NN см. на рис. 4); *вспомогательной секущей плоскостью*, перпендикулярной к проекции вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость (след N_1N_1 см. на рис. 4).

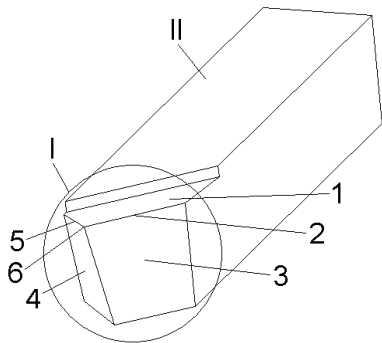


Рис. 3. Элементы токарного резца

Резец (рис. 3) состоит из двух основных частей: головки *I* (рабочей части) и тела *II* (стержня). Тело служит для установки (по основной плоскости) и закрепления резца в рабочем положении, а головка для срезания припуска с заготовки. Головку резца затачивают так, чтобы она имела поверхности: переднюю 1, главную заднюю 3 и вспомогательную заднюю 4.

Передняя поверхность 1 резца — поверхность, по которой сходит стружка. Главная 3 и вспомогательная 4 *задние поверхности резца* — поверхности, обращенные к обрабатываемой заготовке. Пересечение передней и задней поверхностей образует режущие лезвия резца. Различают *главное режущее лезвие 2*, выполняющее основную работу резания, и *вспомогательное режущее лезвие 5*. Вершина резца 6 представляет собой место сопряжения главного и вспомогательного режущих лезвий. Вершина резца в плане может быть в виде точки либо в виде прямой или закругленной линии небольшой длины.

Форма головки резца определяется видом и расположением передней и задней поверхностей и режущих лезвий.

Взаимное расположение в пространстве поверхностей головки резца и режущих лезвий определяется при помощи углов, называемых углами заточки резца.

Главные углы резца, измеряющиеся в главной секущей плоскости, перпендикулярной к проекции главного режущего лезвия на основную плоскость, показаны на рис. 4: главный задний угол α , передний угол γ , угол заострения β , угол резания δ и главный угол в плане φ .

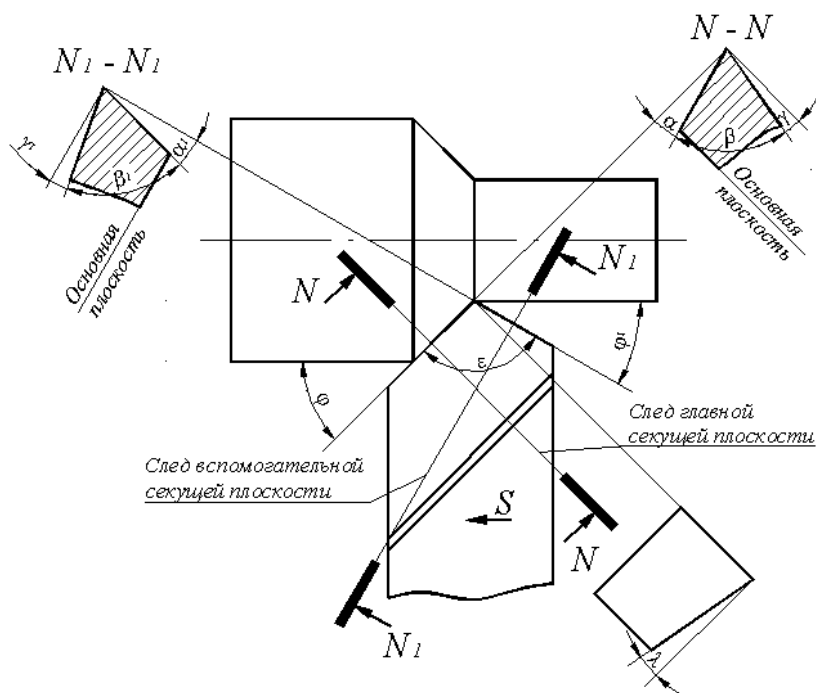


Рис. 4. Углы токарного резца

Главный задний угол α — угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания. Задний угол α делается для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью резания и, следовательно, для уменьшения износа резца по задней поверхности. Задний угол α в практике назначают в пределах $6...12^\circ$.

Передний угол γ — угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания. Передний угол играет значительную роль в процессе резания металлов. Чем больше передний угол, тем легче будет врезание резца в металл, меньше деформация срезаемого слоя, меньше силы резания и расход мощности. Улучшается также сход стружки и повышается качество обработанной поверхности. Но увеличение переднего угла приводит к ослаблению режущего лезвия и понижению его прочности, к увеличению износа резца вследствие выкрашивания режущего лезвия и ухудшению отвода тепла. При обработке твердых и хрупких металлов для повышения прочности резца применяют небольшие и даже отрицательные передние углы. При обработке мягких и вязких металлов применяют резцы с большим передним углом. Передний угол назначают в практике от минус 5 и до 15° .

Угол заострения β — угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Угол резания δ — угол между передней поверхностью и плоскостью резания.

Как видно из рис. 4, между углами α , γ , β , δ существуют следующие зависимости: $\alpha + \gamma + \beta = 90^\circ$; $\delta = 90^\circ - \gamma$; $\alpha + \beta = \delta$.

Главный угол в плане ϕ — угол между проекцией главного режущего лезвия на основную плоскость и направлением продольной подачи. Главный угол в плане оказывает значительное влияние на чистоту обработанной поверхности и продолжительность работы резца до затупления. С уменьшением угла ϕ возрас-

тает деформация заготовки и отжим резца от заготовки, появляются вибрации, ухудшается качество обработанной поверхности. Угол φ обычно назначают в пределах от 30 до 90°.

Угол наклона главного режущего лезвия λ — угол, составленный главным режущим лезвием резца с основной плоскостью (или параллельной ей), называют углом наклона режущего лезвия резца (рис. 5). Этот угол измеряется в плоскости, проходящей через главное режущее лезвие перпендикулярно к основной плоскости. Угол λ считается положительным, если вершина резца является наиболее низкой точкой главного режущего лезвия, отрицательным, если вершина резца является наивысшей точкой режущего лезвия, и равным нулю, если главное режущее лезвие параллельно основной плоскости.

В зависимости от угла λ измеряется направление схода стружки (при $+\lambda$ к обработанной поверхности, при $-\lambda$ от обработанной поверхности).

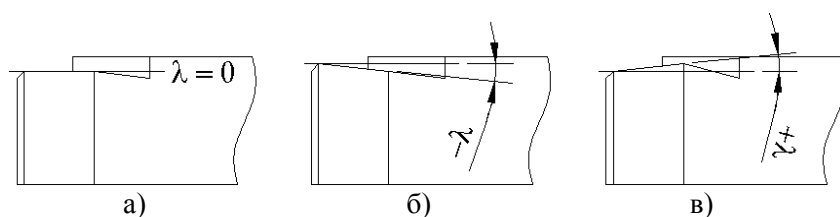


Рис. 5. Угол наклона главной режущей кромки.

При положительном угле наклона ($+\lambda$) стружка царапает обработанную поверхность заготовки и мешает рабочему следить за обработкой. Но положительное значение угла λ делает головку резца более массивной и стойкой, в связи с чем положительное значение угла рекомендуется при обдирочных работах и при обработке прерывистых поверхностей. При чистовых работах рекомендуется отрицательный угол λ ($0...4^\circ$), при котором стружка будет сходиться на обрабатываемую поверхность впереди резца.

Вспомогательные углы резца α_1 β_1 γ_1 измеряются по вспомогательной секущей плоскости N_1N_1 (рис. 4) и определяются, как и главные углы.

Вспомогательный угол в плане φ_1 — угол между проекцией вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость и направлением, обратным направлению продольной подачи. Значение вспомогательного угла аналогично главному углу в плане.

§3. Элементы резания. Геометрия срезаемого слоя

К элементам резания относят глубину, подачу и скорость резания (рис. 6).

Глубиной резания называют величину снимаемого слоя металла между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеряемую перпендикулярно последней и снимаемую за один проход режущего инструмента. Глубина резания измеряется в миллиметрах и обозначается буквой t . При точении глубина резания определяется как полуразность диаметров до и после прохода резца, то есть

$$t = \frac{D_3 - d}{2}, \text{ мм.}$$

Подача — величина перемещения режущего лезвия резца в направлении

вспомогательного движения за один оборот обрабатываемой заготовки (мм/об). При обтачивании различают подачу продольную $S_{пр}$ (по направлению оси центров станка), поперечную $S_{п}$ (перпендикулярно к оси центров станка) и наклонную $S_{н}$ (под углом к оси центров станка, например, при обтачивании конической поверхности).

Скорость резания — путь перемещения обрабатываемой поверхности заготовки относительно режущего лезвия резца в единицу времени. Скорость резания обозначается буквой v и измеряется в м/мин.

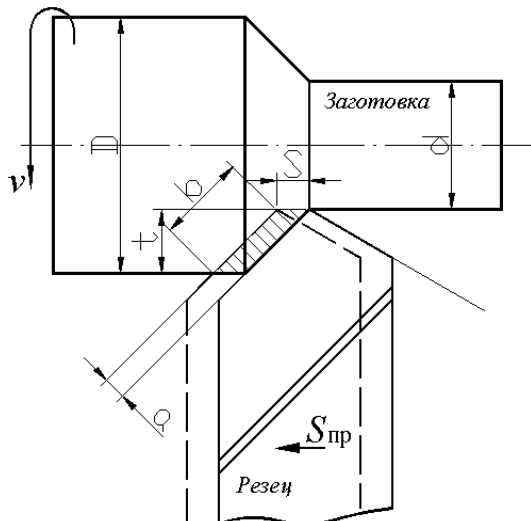


Рис. 6. Элементы резания при токарной обработке

На рис. 6 показано исходное положение и пунктиром новое положение резца в результате перемещения его за один оборот заготовки на величину подачи — S мм/об. Заштрихованную площадь называют *площадью поперечного сечения срезаемого слоя*. Размер b обозначает ширину, размер a — толщину срезаемого слоя.

Ширина срезаемого слоя b — расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания. Она равна проекции рабочей длины режущего лезвия резца на основную плоскость.

Толщина срезаемого слоя a — расстояние, измеренное в направлении, перпендикулярном к ширине срезаемого слоя, между двумя последовательными положениями главного режущего лезвия за один оборот заготовки.

Как видно из рис. 6, площадь поперечного сечения срезаемого слоя для резцов с прямолинейным режущим лезвием определяется по формуле

$$f = ab = tS, \text{ мм}^2.$$

§4. Типы резцов

Резец — это однолезвийный инструмент для обработки деталей с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

Классификация резцов. Резцы различают по следующим признакам.

1) По виду обработки. Проходные для обработки наружных цилиндрических поверхностей. Проходные резцы могут быть прямыми (рис. 7, а) и отогнутыми (рис. 7, б). Отогнутые резцы получили широкое распространение из-за их универсальности, позволяющей вести обработку не только цилиндрических, но и торцовых поверхностей с поперечной подачей. Проходные упорные резцы (рис. 7, в) имеют угол в плане $\phi = 90^\circ$, их применяют при обтачивании ступенчатых валиков и при обработке нежестких деталей. Подрезные (рис. 7, д) предназначены для обработки торцовых поверхностей, перпендикулярных оси вращения детали, эти резцы работают с поперечной подачей. Расточные (рис. 7, е) предназначены для обработки отверстий. Отрезные (рис. 7, з) — для отрезки за-

готовок или обработанных из прутка деталей. Резьбонарезные (рис. 7, з) предназначены для нарезания резьбы. Резцы для контурного точения (рис. 7, и) обеспечивают возможность обработки тел вращения с фасонной образующей на станках с копировальными устройствами и станках с ЧПУ. Эти резцы имеют увеличенные вспомогательные углы в плане. Фасонные (рис. 7, ж) резцы предназначены для обработки деталей сложного профиля на токарных, револьверных станках, автоматах и полуавтоматах.

- 2) По характеру обработки: черновые, чистовые, для тонкого точения.
- 3) По установке относительно детали: радиальные, тангенциальные.
- 4) По направлению подачи: правые, левые.
- 5) По конструкции головки: прямые, отогнутые, изогнутые, оттянутые.
- 6) По сечению корпуса: прямоугольные, квадратные, круглые.
- 7) По конструкции: цельные, составные, сборные.
- 8) По материалу рабочей части: из инструментальных сталей, из твердого сплава, из керамических материалов, из алмаза, из сверхтвердых синтетических

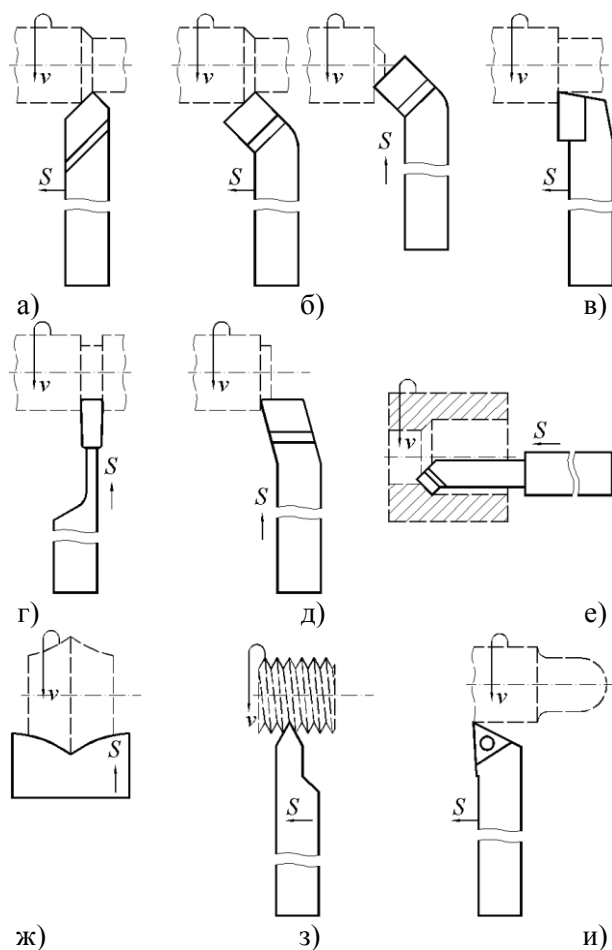


Рис. 7. Типы токарных резцов

материалов.

§5. Общий вид токарно-винторезного станка

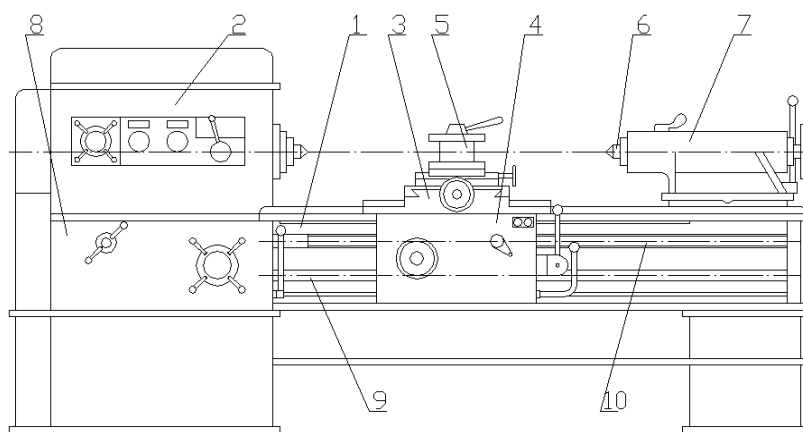


Рис. 8. Общий вид токарно-винторезного станка

На *станине* 1 (рис. 8), установленной на двух тумбах, смонтированы передняя или шпиндельная бабка 2, суппорт 3 с фартуком 4 и резцедержателем 5, задняя бабка 7 с центром 6, коробка подач 8, ходовой валик 9 и ходовой винт 10. На левом конце станины болтами прикрепляется передняя бабка. По направляющим станины перемещаются суппорт и задняя бабка.

Передняя бабка служит для закрепления обрабатываемой заготовки с помощью кулачкового патрона или же переднего и заднего центров и сообщения заготовке вращательного движения с необходимой скоростью. Шпиндель станка делается пустотелым и расположен в подшипниках.

Вращение заготовки, закрепленной в кулачках патрона или в центрах, передается от индивидуального электродвигателя ($n = 1450 \text{ об/мин}$). Через шкив, закрепленный на роторе мотора, ременной передачей движение передается на приводной вал станка, а от него зубчатые колеса механизма скоростей вращают шпиндель и заготовку.

Механизм главного движения предназначен для передачи вращения от электродвигателя к шпинделю и обеспечения различных скоростей вращения шпинделя.

Коробка подач станка служит для монтажа в ней механизма подач, передающего движение ходовому валу и ходовому винту.

Суппорт с фартуком и резцедержателем служит для установки и закрепления резца в рабочем положении и сообщения ему продольной или поперечной подач.

Механизм фартука преобразует вращательное движение ходового вала 9 или ходового винта 10 в поступательное движение суппорта.

Задняя бабка служит для поддержания центром обрабатываемой заготовки. При обработке отверстий ею пользуются для закрепления сверл, зенкеров, разверток и пр. Корпус задней бабки устанавливается на плите (основании), а плита — на направляющих станины 1. Для обтачивания конусов корпус задней бабки сдвигают относительно плиты в поперечном направлении по направляющей.

§6. Работы, выполняемые на токарно-винторезных станках, и применяемые при этом приспособления

Обычно при отношении длины заготовки к ее диаметру $L/D < 4$ применяют крепление заготовок в кулачковом патроне (рис. 9, а); при $4 < L/D < 10$ заготовку закрепляют в кулачковом патроне и центре (рис. 9, б) и при $L/D > 10$ приме-

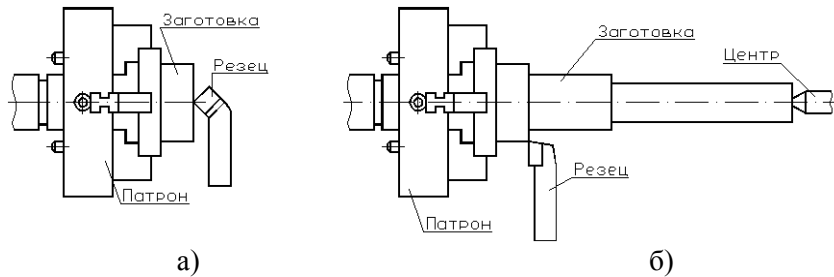


Рис. 9. Способы крепления заготовки на токарном станке

няют для крепления заготовок, кроме центров, люнеты. Тяжелые заготовки иногда одним концом закрепляют в кулачковом патроне, а другой конец поддерживают центром, что обеспечивает наиболее жесткое крепление.

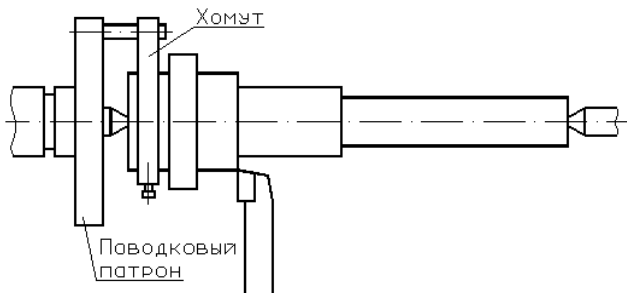


Рис. 10. Обработка в центрах

Обработка в центрах. На зацентрированную заготовку (рис. 10) надевают хомут и закрепляют его винтом, после чего заготовку устанавливают на центры без люфта. Вращение от шпинделя станка хомутику и заготовке передается через навинченный на резьбовую часть шпинделя поводковый патрон. Передний центр, установленный

в коническом отверстии шпинделя, вращается вместе с заготовкой. Задний центр (рис. 11, в) установлен неподвижно в пиноли задней бабки, и заготовка в процессе ее обработки трется центровым углублением по конусу центра, изнашивая его.

С целью уменьшения износа заднего центра центровое углубление заготовки смазывают солидолом, а на рабочем конце заднего центра наплавляют твердый сплав. При работе с большими числами оборотов пользуются вращающимся задним центром (рис. 11, а).

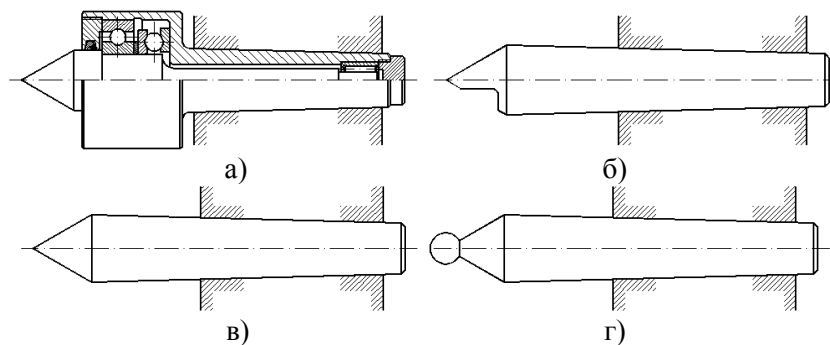


Рис. 11. Виды токарных центров

- а) вращающийся центр; б) срезанный центр;
в) простой центр; г) центр с шариковым наконечником.

Кроме простого и вращающегося центров, применяют срезанный (рис. 11, б) центр, центр с шариковым наконечником (рис. 11, г) при обтачивании конической поверхности в центрах способом смещения задней бабки.

При обработке длинных заготовок малого диаметра, во избежание их прогиба под действием сил резания, применяют *люнеты* — дополнительные промежуточные опоры.

Неподвижный люнет (рис. 12, а) устанавливается на направляющих 4 станины и крепится к ней при помощи болта 3. Опорой заготовке 2 в люнете служат кулачки 1 или ролики, регулируемые винтами.

Подвижной люнет (рис. 12, б) перемещается вместе с суппортом 4 и крепится к нему с обратной

стороны обрабатываемой заготовки 3.

Обработка в кулачковых патронах применяется для заготовок с отверстиями и большими торцовыми поверхностями (маховики, шкивы, втулки и т. д.).

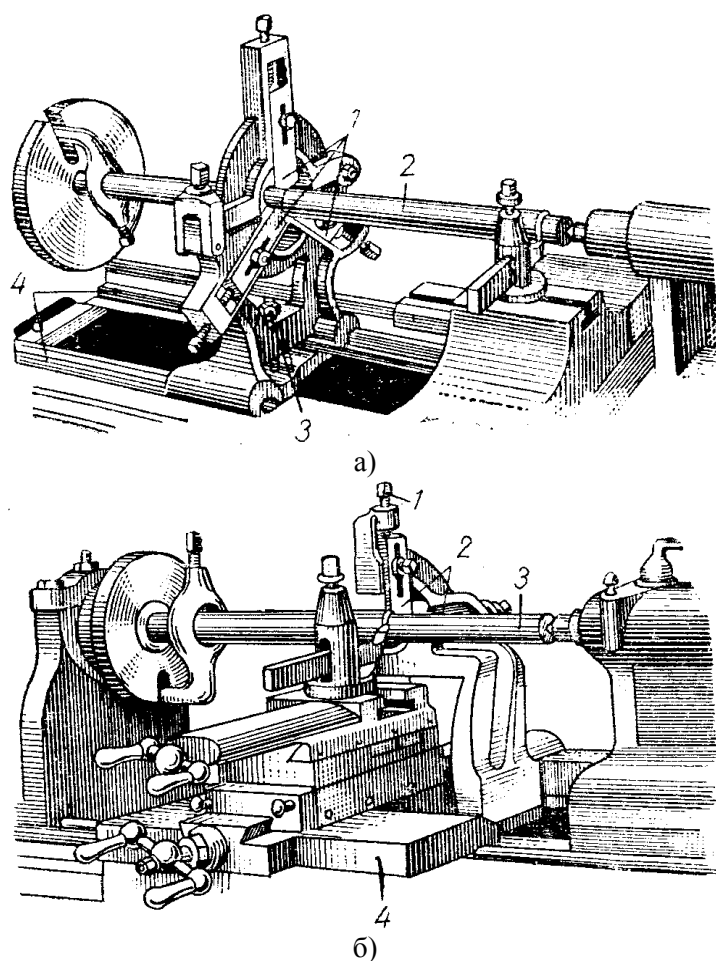
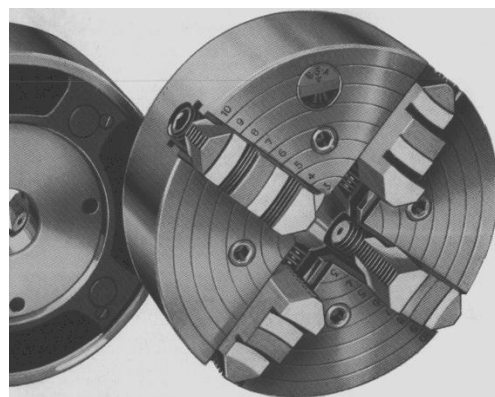
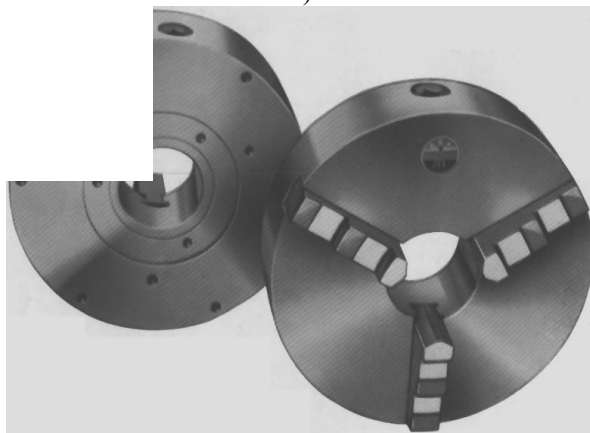


Рис. 12. Люнеты токарного станка:
а — неподвижный; б — подвижный

Простые четырехкулачковые патроны (рис. 13, а) имеют независимое перемещение каждого кулачка от отдельного винта. Такое перемещение кулачков позволяет устанавливать и закреплять как цилиндрические, так и нецилиндрические заготовки с необходимой точностью.



а)



б)

Рис. 13. Кулачковые патроны к токарным станкам:
а — четырехкулачковый; б — трехкулачковый самоцентрирующий

Самоцентрирующие трехкулачковые патроны (рис. 13, б) имеют одновременное перемещение трех кулачков от спиральной рейки.

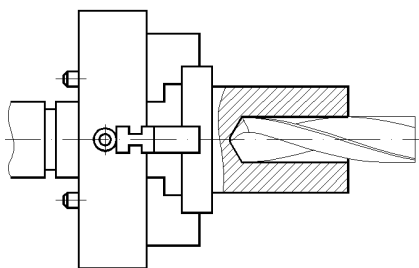


Рис. 14. Сверление отверстия на токарном станке

Сверление, зенкерование и развертывание отверстий на токарном станке выполняют вручную путем подачи пиноли задней бабки вместе со вставленным в нее инструментом (рис. 14). Иногда осуществляют механическую подачу сверла, зенкера или развертки суппортом.

Обработка конических поверхностей производится следующими способами:

1. Поворотом верхней каретки суппорта (рис. 15, а) и ручной подачей верхних салазок. Этим способом можно обрабатывать как наружные, так и внутренние конические поверхности небольшой длины, но с любым углом конусности.

2. Смещением задней бабки на величину H так, чтобы образующая обрабатываемого конуса была расположена параллельно направлению продольной подачи резца (рис. 16, а).

При длине конусной части l и длине всей детали L величина необходимого смещения $h = L \sin \alpha$.

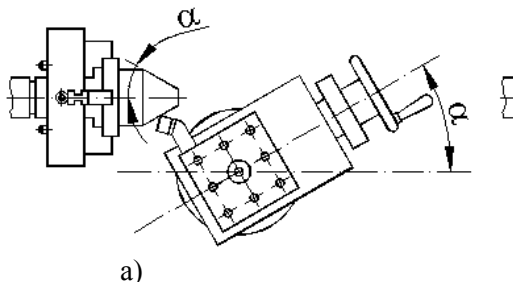


Рис. 15. Обработка конических по

Для малых углов

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2l}.$$

Тогда можно принять

$$h = \frac{D-d}{2} \frac{L}{l}, \text{ мм.}$$

3. При помощи копировальной конусной линейки (рис. 16, б) обрабатывают наружные и внутренние конусы с углом конусности не более $10^\circ \dots 12^\circ$.

К станине станка прикрепляется кронштейн 6, на котором устанавливается конусная линейка 5. Линейку поворачивают относительно оси 4 под углом конусности α обрабатываемой заготовки. По пазу линейки скользит ползун 3, соединенный с поперечным суппор-

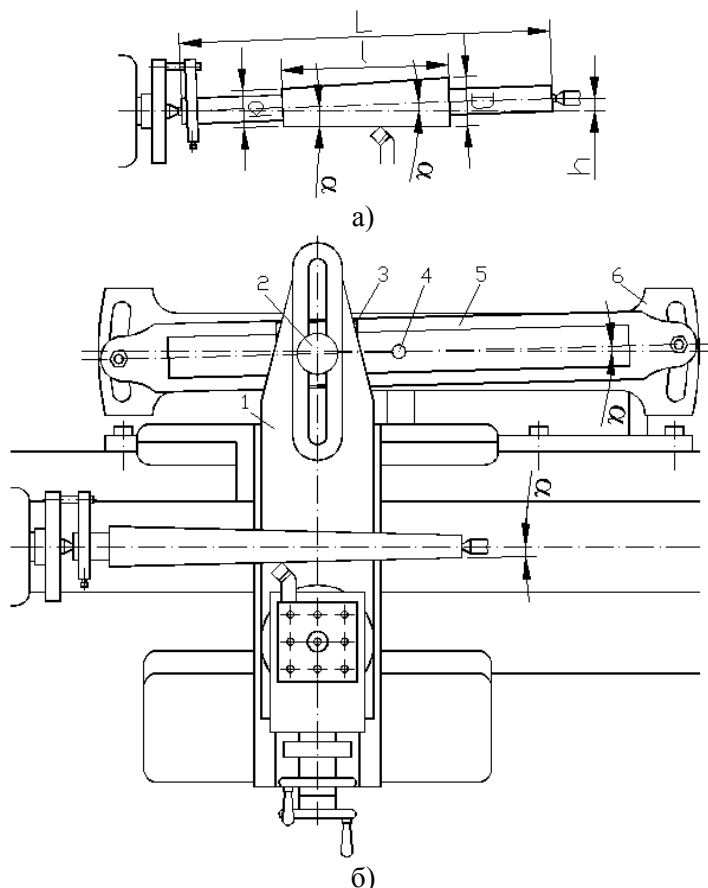


Рис. 16. Способы обработки конических поверхностей на токарном станке:

а — смещением задней бабки;

б — с помощью копировальной конусной линейки.

том 1 зажимом 2. Гайку винта поперечной подачи отсоединяют от суппорта (или вывертывают винт).

При включении продольного суппорта ползун 3 перемещается по пазу конусной линейки и перемещает поперечные салазки, а вместе с ними и резец по обрабатываемой заготовке. Резец при этом обрабатывает на заготовке конус под углом α .

4. При помощи широких (фасонных) резцов (рис. 15, б). В этом случае режущая кромка резца должна быть несколько длиннее образующей обтачиваемого конуса.

Подача резца может быть продольной и поперечной. Данный способ можно применять для обработки лишь коротких конусов с длиной образующей не более 20...25 мм.

§7. Революрные и карусельные станки

Революрные (*токарно-революрные*) станки предназначены для обработки заготовок деталей сложной конфигурации в серийном производстве. Наружные поверхности обрабатываются резцами различных типов, центральное отверстие детали — резцами, сверлами, метчиками и пр.

Основной особенностью революрных станков является наличие *продольного суппорта*, несущего многопозиционную поворотную *революрную головку*, на которой закрепляют различные инструменты.

При поворотах (индексировании) революрной головки последовательно вводятся в действие заранее настроенные на размер инструменты, благодаря чему значительно сокращается вспомогательное время.

Кроме продольного суппорта, эти станки в большинстве случаев имеют и поперечный суппорт, на котором крепят инструменты для обработки наружных поверхностей.

Основными размерами революрных станков являются наибольший диаметр обрабатываемого прутка и наибольший диаметр обработки над станиной.

Токарно-революрный станок имеет следующие основные узлы (рис. 17): станину 1, шпиндельную бабку 4, коробку подач 3, фартуки суппортов 2, про-

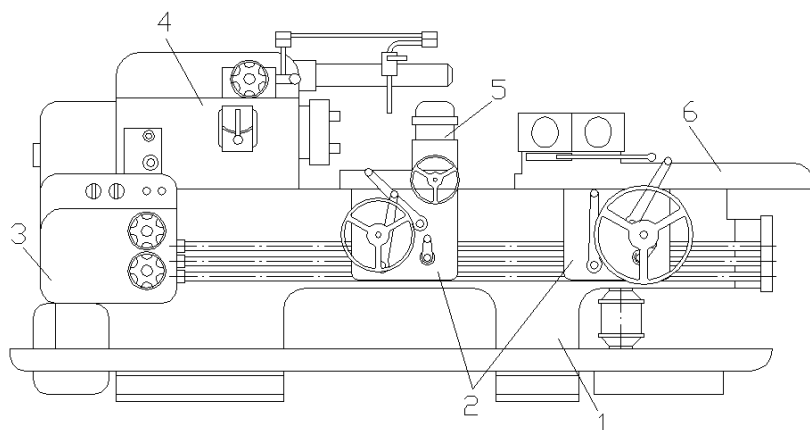


Рис. 17. Общий вид токарно-революционного станка

дольный суппорт 6, поперечный суппорт 5.

Карусельные (*токарно-карусельные*) станки предназначены для обработки заготовок деталей большого веса и диаметра, имеющих сравнительно небольшую высоту. Горизонтальное расположение плоскости круглого стола (*планшайбы*), на котором крепится заготовка, значительно облегчает ее установку и выверку, что весьма затруднительно при обработке тяжелых и больших заготовок на токарных и лоботокарных станках.

На карусельных станках производится токарная обработка резцом наружных и внутренних поверхностей разного профиля. Центральные отверстия заготовки на станках, имеющих револьверную головку, обрабатывают сверлами, зенкерами, метчиками и пр.

При помощи специальных приспособлений на карусельных станках можно производить фрезерование, шлифование и долбление.

Основными размерами карусельных станков являются наибольший диаметр обрабатываемой заготовки при опущенном боковом суппорте и высота заготовки.

По конструктивной компоновке карусельные станки делятся на одностоечные и двухстоечные.

Одностоечные станки изготовляют с наибольшим диаметром обработки до 1600 мм.

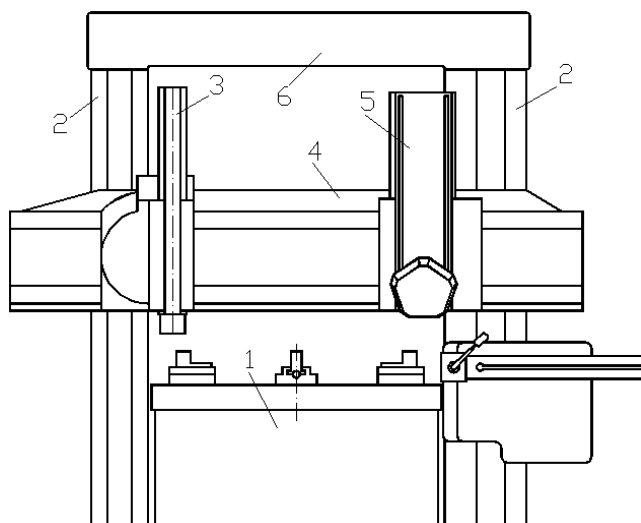


Рис. 18. Общий вид двухстоечного токарно-карусельного станка

Двухстоечные станки (рис. 18) изготовляются для обработки деталей диаметром до 25000 мм. К станине 1 крепятся две стойки 2, связанные переключателем 6. По направляющим стоек перемещается поперечина 4, несущая два вертикальных суппорта 3 и 5, один из которых снабжен револьверной головкой (только в станках с диаметром обрабатываемой поверхности до 2300 мм).

ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

§1. Элементы резания при сверлении и рассверливании.

На сверлильных станках сверлу сообщается главное вращательное движение со скоростью резания v м/мин и осевое перемещение — подача S мм/об.

По значению скорости резания v определяют необходимое число оборотов сверла по формуле:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин,}$$

где D — диаметр сверла в мм.

Глубина резания t при сверлении (рис. 19, а) равна $D/2$ мм, а при рассверливании (рис. 19, б) она равна

$$\frac{D-d}{2}$$

Толщина $2a$ и ширина b срезаемого слоя выражаются в миллиметрах.

На сверлильных станках в качестве режущих инструментов применяют сверла, зенкера, зенковки, развертки, цековки, метчики.

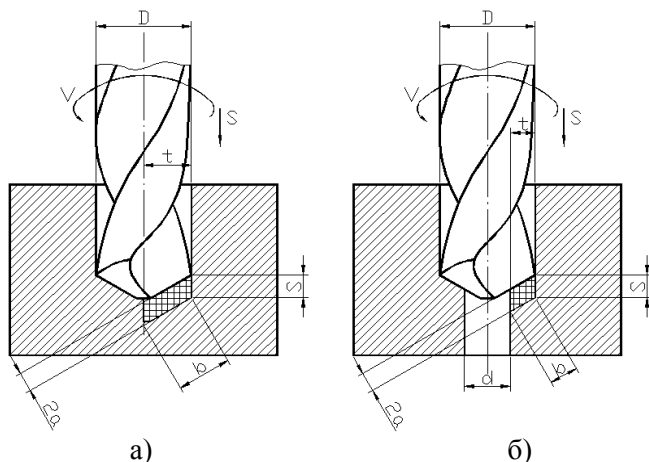


Рис. 19. Элементы резания при сверлении и рассверливании

§2. Части, элементы и геометрические параметры спирального сверла

Спиральные сверла имеют наибольшее распространение. Это сверло (рис. 20) состоит из рабочей части, включающей режущую часть, шейки, конического или цилиндрическо-

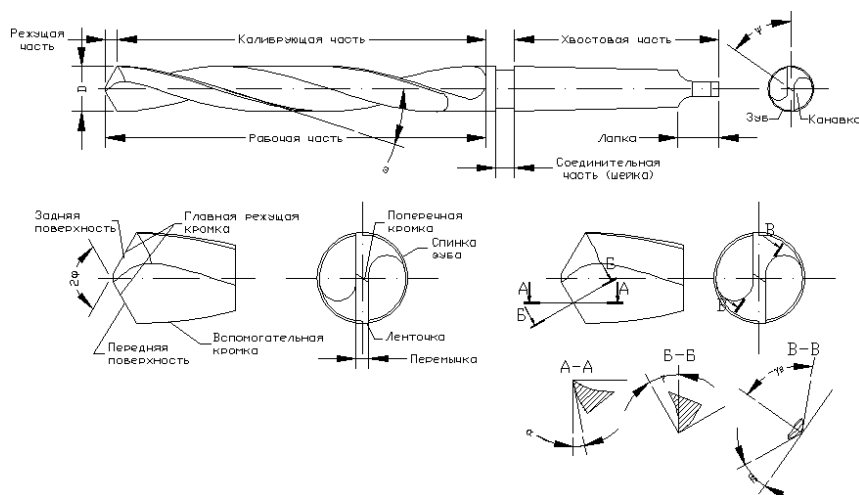


Рис. 20. Части, элементы и геометрические параметры спирального сверла

го хвостовика для крепления сверла в шпинделе станка, лапки, служащей упором для выбивания сверла из гнезда шпинделя. Режущая часть состоит из двух зубьев, образованных двумя канавками для отвода стружки; сердцевины — срединной части сверла, соединяющей оба зубца; двух передних поверхностей, по которым сбегает стружка и которые воспринимают силу резания; двух ленточек — узких полосок по наружному диаметру сверла, служащих для его направления и центрирования в отверстии; двух главных режущих лезвий, образованных пересечением передних и задних поверхностей и выполняющих основную работу резания; поперечного лезвия или перемычки, образованной пересечением обеих задних поверхностей.

Спиральное сверло содержит пять лезвий: два главных, два вспомогательных (вдоль ленточек) и поперечное, которое не режет, а сминает, выдавливает металл. Поперечное лезвие у сверла есть основной его дефект. Геометрические

параметры сверла рассматриваются на его режущей части.

Задний угол α рассматривается в плоскости AA , параллельной оси сверла (рис. 20), для текущей точки x (см. сечение AA), он изменяется от α_{\min} на периферийной точке сверла до α_{\max} у перемычки сверла.

Передний угол γ берется в плоскости BB , перпендикулярной режущему лезвию сверла (рис. 20), для текущей точки x ; этот угол изменяется от γ_{\min} у перемычки сверла до γ_{\max} на периферийной точке сверла. Угол при вершине сверла 2φ находится между главными режущими лезвиями: $2\varphi = 116...118^\circ$ при обработке стали, чугуна, твердой бронзы; $2\varphi = 140^\circ$ при обработке алюминия и легких сплавов; $2\varphi = 80...90^\circ$ при обработке эбонита, целлулоида, мрамора.

Угол наклона поперечного лезвия ψ равен 55° .

Заточка сверл. Заточкой придают сверлу следующие значения углов:

$$\alpha_{\min} \approx 7^\circ, \alpha_{\max} \approx 26^\circ, \gamma_{\min} \approx 3^\circ, \gamma_{\max} \approx 30^\circ.$$

Критерием правильной заточки является соблюдение углов 2φ , ψ и α_{\min} .

Кроме этого, нужно, чтобы ось сверла проходила через середину перемычки и делила угол при вершине 2φ на две равные части и чтобы главные режущие лезвия были равны.

Во избежание защемления сверла на сверле дают обратный конус в сторону хвостовика на величину примерно 0.05 мм на 100 мм длины.

Зенкеры. Они служат для обработки цилиндрических отверстий, предварительно просверленных, и в необработанных (литых, кованных, штампованных) заготовках (рис. 23, d).

Развертки. Развертки производят окончательную обработку отверстий (рис. 23, e).

Развертки бывают ручные цилиндрические (вращение их производят воротками) и машинные.

§3. Вертикально-сверлильный и радиально-сверлильный станки

В вертикально-сверлильных станках главным движением v является вращение шпинделя с закрепленным в нем инструментом, а движением подачи s_1 — вертикальное перемещение шпинделя (рис. 40, a).

Основными узлами вертикально-сверлильного станка являются (рис 21): станина (стойка, колонна) 2, фундаментная плита 1, коробка скоростей 3, шпиндель 5, коробка подач и механизм подачи 4, стол 6.

Радиально-сверлильные станки предназначены для многоинструментальной обработки отверстий в заготовках крупных деталей при единичном и серийном производстве. В отличие от вертикально-сверлильных в радиально-сверлильных станках совмещение оси отверстия заготовки с осью шпинделя достигается перемещением шпинделя (в полярных координатах) относительно неподвижной заготовки. Компоновка станка (рис. 22) позволяет установить шпиндель с инструментом в любой точке рабочей зоны станка за счет перемещения шпиндельной головки (бабки) 5 по направляющим траверсы (рукава) 4 и поворота траверсы вокруг колонны 2.

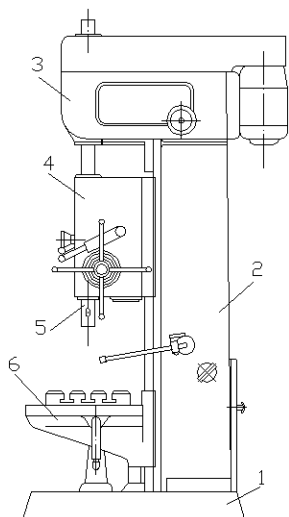


Рис. 21. Вертикально-сверлильный станок

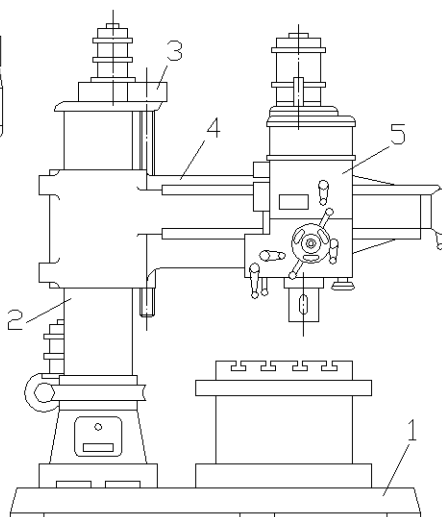


Рис. 22. Радиально-сверлильный станок

Основными узлами радиально-сверлильных станков являются (рис. 22): колонна 2, фундаментная плита 1, траверса (рукав) 4, механизм перемещения и зажима рукава 3, шпиндельная головка 5.

§4. Работы, выполняемые на сверлильных станках.

На сверлильных станках (рис. 23) выполняют следующие работы: сверление отверстий сквозных *а*, глухих *б*, зенкование отверстий цилиндрических *в*, конических *г*; цекование бобышек *з*; зенкерование отверстий *д*, развертывание отверстий *е*, нарезание резьбы в отверстиях *ж*.

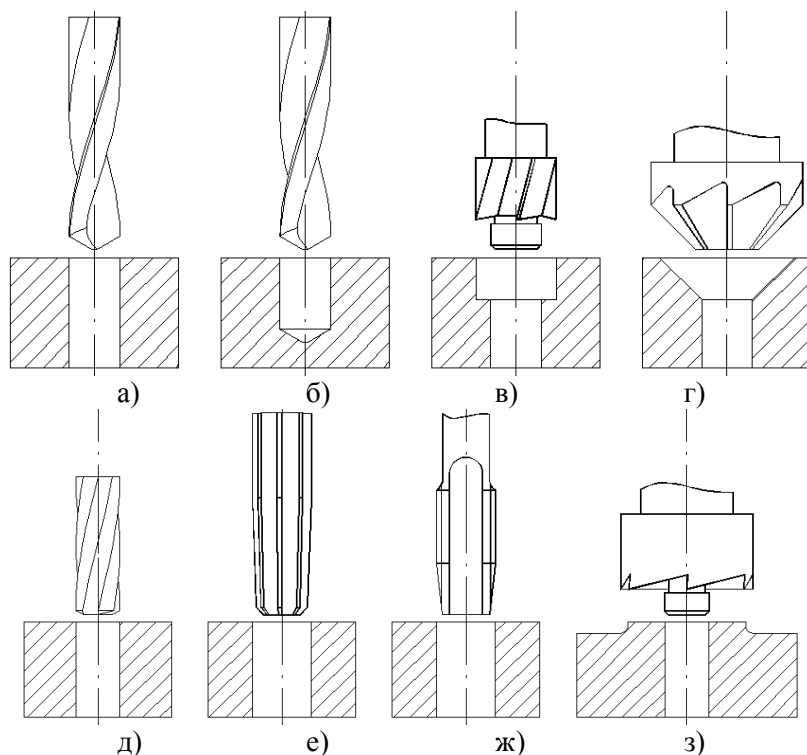


Рис. 23. Работы, выполняемые на сверлильных станках

ГЛАВА 4. ОБРАБОТКА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

§1. Типы расточных станков. Горизонтально-расточной станок

Расточные станки предназначены для обработки заготовок крупных размеров в условиях индивидуального и серийного производства. На этих станках можно производить растачивание, сверление, зенкерова-

ние, нарезание внутренних и наружных резьб, обтачивание цилиндрических поверхностей, подрезку торцов, цилиндрическое и торцовое фрезерование.

Отличительной особенностью расточных станков является наличие горизонтального или вертикального шпинделя, совершающего движение осевой подачи. В отверстии шпинделя закрепляется режущий инструмент — борштанга с резцами, сверло, зенкер, развертка, фреза и др.

Расточные станки подразделяются на следующие типы:

- а) горизонтально-расточные станки;
- б) координатно-расточные станки;
- с) алмазно-расточные (отделочно-расточные) станки.

В классификационной таблице расточные станки входят в общую группу

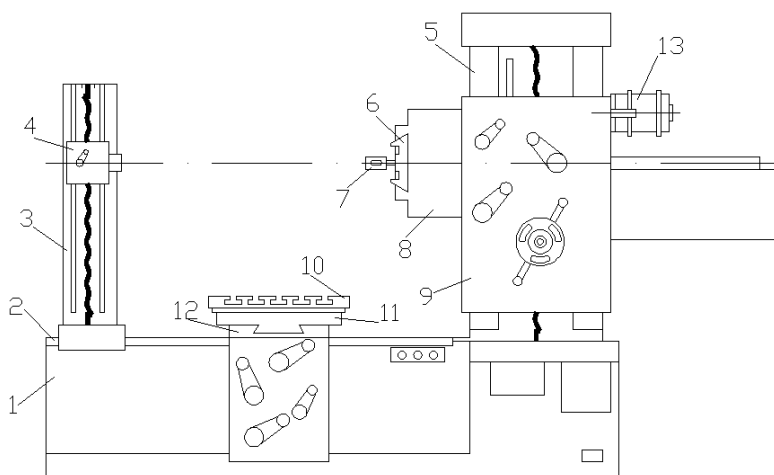


Рис. 24. Общий вид горизонтально-расточного станка

сверлильных станков.

На рис. 24 показана схема горизонтально-расточного станка. На горизонтальных направляющих 2 станины 1 устанавливается задняя стойка 3 с подшипником 4, предназначенным для поддержки конца расточной оправки (борштанги). По вертикальным направляющим передней стойки 5 перемещается шпиндельная бабка 9 с расположенными в ней коробками скоростей и подачи. В шпиндельной бабке вращаются шпиндель 7 и планшайба 8 (с суппортом планшайбы 6). Станок имеет продольный стол 12, поперечный стол 11 и верхний круглый стол 10, последний вращается вручную.

На рис. 25, а представлена схема растачивания отверстия на расточном станке. Резец 2 винтом 1 закреплен в оправке 3. Оправка 3 вставляется в шпиндель станка и вместе с ним совершает вращение со скоростью резания v м/мин и продольную осевую подачу S мм/об. Заготовка 4 при растачивании остается неподвижной.

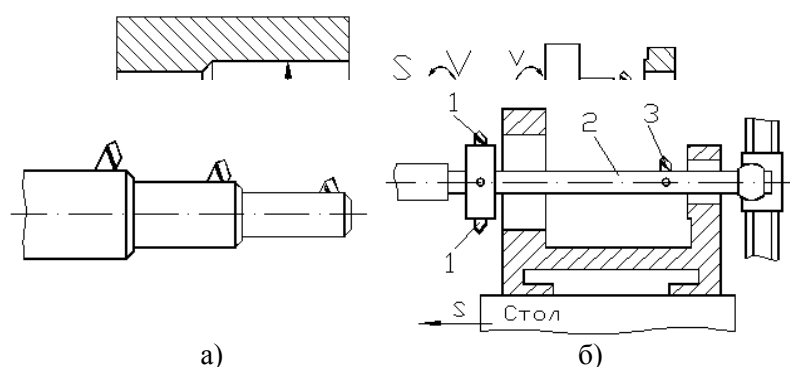


Рис. 26. Растачивание отверстий с помощью борштанг

§2. Работы, выполняемые на расточных станках

Растачивание одиночными резцами. Подобная работа произво-

дится двояко: либо от шпинделя одним резцом (рис. 25, а), либо от суппорта планшайбы (рис. 25, б). Во втором случае вращение сообщается планшайбе станка; продольную подачу совершает стол, а шпиндель тогда не работает и выключается.

Растачивание с применением борштанг. На рис. 26, а дана оправка с резцами для растачивания ступенчатых отверстий, а на рис. 26, б — для растачивания двух отверстий в борштанге. Во втором случае борштанга 2 вращается от шпинделя; резцы 1 растачивают первое отверстие; а резец 3 растачивает второе отверстие; заготовка, закрепленная на столе, получает продольную подачу.

ГЛАВА 5. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

§1. Схемы фрезерования. Элементы резания при фрезеровании

Фрезерование производят фрезами — многолезвийными инструментами на фрезерных станках; фрезе при этом сообщается главное вращательное движение, а заготовка получает прямолинейную подачу. Существует два метода фрезерования: встречное и попутное.

Встречное фрезерование (рис. 27, а), когда подача заготовки направлена навстречу направлению вращения фрезы. Резание зубца начинается в точке 1 при толщине срезаемого слоя $a = 0$ и заканчивается в точке 2 с наибольшей толщиной срезаемого слоя a_{\max} .

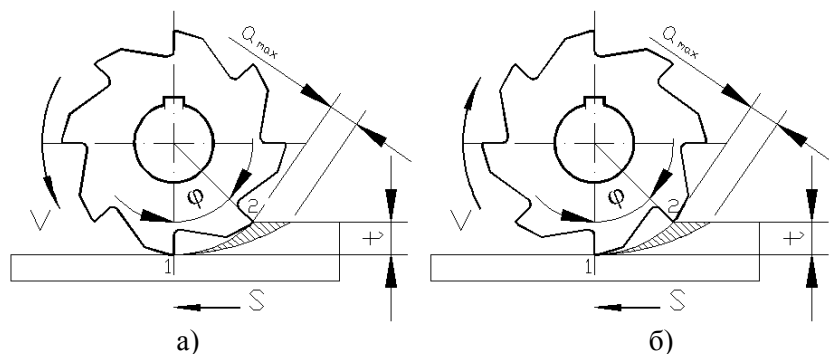


Рис. 27. Методы фрезерования

Попутное фрезерование (рис. 27, б), когда направление подачи S совпадает с направлением вращения фрезы. Резание зубцом начинается в точке 2 с наибольшей толщиной срезаемого слоя a_{\max} и заканчивается в точке 1

с толщиной $a = 0$ срезаемого слоя.

При встречном фрезеровании происходит постепенное возрастание нагрузки на зуб фрезы, что обеспечивает более плавную работу; зуб фрезы режет под корку, что снижает его износ и увеличивает стойкость; фреза стремится оторвать заготовку от поверхности стола, поэтому крепление заготовки должно быть особо надежным; зубу фрезы трудно врезаться в металл, происходит его скольжение, что увеличивает теплообразование при обработке.

При попутном фрезеровании зуб фрезы работает с ударом, сразу снимает максимальную толщину срезаемого слоя; зуб фрезы встречает на поверхности заготовки корку и сильнее от этого изнашивается, что снижает стойкость фрезы; после врезания с ударом резание продолжается спокойно и толщина срезаемого слоя уменьшается до 0, чем обеспечивается более чистая обработанная поверхность на заготовке; фреза стремится прижать заготовку к столу, что особенно выгодно при обработке тонких заготовок.

В целом попутное фрезерование более выгодно при чистовых работах, когда уже снята корка, когда глубина резания мала, но требуется хорошая чистота обработки и, наоборот, встречное фрезерование особо полезно при черновой обработке заготовок с коркой (литье) или окалиной (поковок).

Элементы резания при фрезеровании. Скорость резания выражается в м/мин и относится к скорости режущего лезвия зубьев фрезы на ее наружном диаметре. Глубиной резания t называется толщина слоя на заготовке, срезаемого фрезой за один проход (рис. 27). Шириной фрезерования B называется длина контакта фрезы с заготовкой, измеренная в направлении, перпендикулярном к направлению подачи.

Подачей (рис. 27) называется величина перемещения заготовки относительно оси фрезы. При фрезеровании различают минутную подачу $S_m \text{ мм/мин}$, подачу на один оборот $S_o \text{ мм/об}$ и подачу на один зуб $S_z \text{ мм/зуб}$. Эти подачи имеют между собой связь.

$$S_m = S_o n = S_z z n, \text{ мм/мин},$$

где n — число оборотов фрезы в мин^{-1} , z — число зубцов на окружности фрезы.

На фрезерном станке, как правило, дается таблица подач, существующих на станке; в нее внесены только минутные подачи S_m . Другие подачи S_o и S_z определяют путем вычислений.

§2. Основные типы фрез

Классификацию фрез проводят по следующим показателям.

По расположению зубьев относительно оси различают: фрезы цилиндрические с зубьями, расположенными на поверхности цилиндра (рис. 28, а); фрезы торцовые с зубьями, расположенными на торце цилиндра (рис. 28, б); фрезы

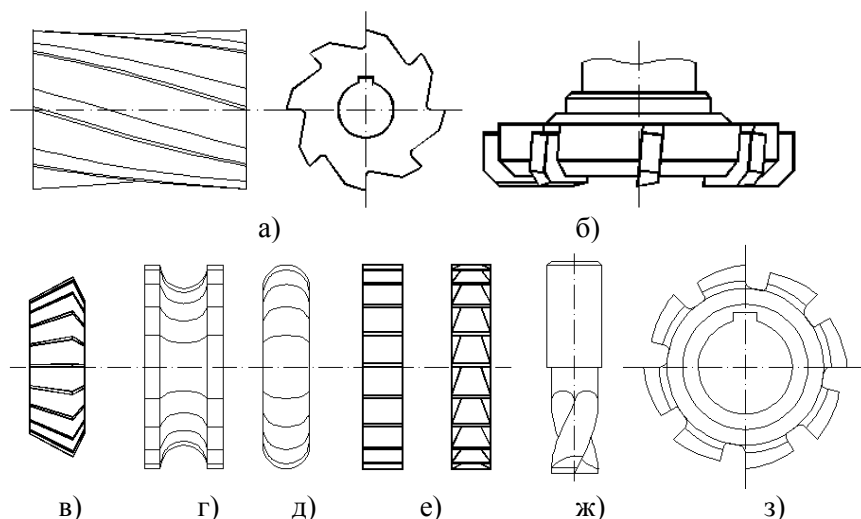


Рис. 28. Основные типы фрез

угловые с зубьями, расположенными на конусе (рис. 28, в); фрезы фасонные с зубьями, расположенными на поверхности с фасонной образующей (рис. 28, г) (с выпуклым и вогнутым профилем). Некоторые типы фрез имеют зубья как на цилиндрической, так и на торцовой поверхности, например дисковые двух- и трехсторонние (рис. 28, е), концевые и шпоночные (рис. 28, ж).

По направлению зубьев фрезы могут быть: прямозубыми (рис. 28, д), в ко-

торых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и перпендикулярна направлению скорости главного движения резания; с винтовым зубом (рис. 28, а), в которых направляющая линия передней поверхности является винтовой.

По конструкции фрезы могут быть: цельными; составными, например с припаянными или приклеенными режущими элементами; сборными, например оснащенными многогранными пластинами из твердого сплава; наборными, состоящими из нескольких отдельных стандартных или специальных фрез и предназначенные для одновременной обработки нескольких поверхностей.

По конструкции зубьев фрезы могут быть с острозаточенными (рис. 28, а) и затылованными (рис. 28, з) зубьями. Затылование — процесс образования задней поверхности инструмента по некоторой кривой (обычно спираль Архимеда) для получения задних углов. У острозаточенных фрез задние углы получают заточкой.

По способу крепления на станке различают фрезы насадные с отверстием под оправку и концевые с коническим или цилиндрическим хвостовиком.

§3. Элементы и геометрические параметры цилиндрической фрезы

Основные элементы цилиндрической фрезы следующие (рис. 29): передняя поверхность 1, по которой сходит срезаемая стружка; спинка зубца 2, которая может быть прямолинейной, двухугловой или криволинейной; задняя поверх-

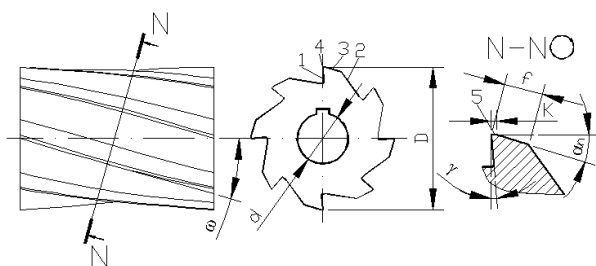


Рис. 29. Геометрические параметры цилиндрической фрезы

ность 3 шириной $f = 1...2 \text{ мм}$, главное режущее лезвие 4, которое выполняет основную работу резания и может быть прямым, наклонным или винтовым с углом ω ; ленточка 5 шириной $K = 0.05...0.1 \text{ мм}$ оставляется при заточке для более точного изготовления фрез по диаметру.

Для рассмотрения геометрических параметров цилиндрической фрезы (рис. 29) проводим нормальную плоскость N к направлению винтовых зубцов. Профиль зубца рассматривают в плоскости N . Передняя поверхность зубца отклонена от направления радиуса на величину переднего угла γ ; задняя поверхность отклонена от направления касательной на величину заднего угла α .

Так как толщина срезаемого слоя зубцом фрезы изменяется от 0 до a_{\max} или от a_{\max} до 0, то площадь поперечного сечения срезаемого слоя периодически меняется, а нагрузка фрезы колеблется; в результате нарушается равномерность фрезерования и в процессе обработки могут возникнуть вибрации. Для устранения этого нежелательного явления применяют фрезы с винтовыми зуб-

цами, обеспечивающие плавную работу вследствие постепенного врезания зубца в металл.

Скорость резания. Подача

Скорость резания. На скорость резания при фрезеровании влияет ряд параметров: материалы фрезы и заготовки, глубина резания t мм и подача на один зуб S_z мм/зуб, ширина фрезерования B мм, диаметр фрезы D мм, число зубьев фрезы z и величина выбранной стойкости фрезы T мин.

Число оборотов фрезы в минуту равно

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

где D — диаметр фрезы в мм, v — скорость резания в м/мин.

Подача. По справочным данным выбирают подачу на зуб фрезы S_z в зависимости от материалов фрезы и заготовки, от глубины резания и ширины фрезерования.

Выбрав S_z , а также величины z и n об/мин, подсчитывают минутную подачу $S_z = S_z n Z$ мм/мин. На эту подачу или ближайшую к ней и нужно настроить станок.

§4. Типы фрезерных станков

В классификационной таблице фрезерные станки включены в шестую группу.

Основными размерами фрезерных станков являются размеры рабочей поверхности стола: ширина 100...5000 мм, длина 400...16000 мм и более.

Фрезерные станки классифицируют по компоновке (количество и расположение шпинделей, распределение движений) или по назначению. Различают следующие типы и их разновидности: горизонтально-фрезерные консольные станки (с горизонтальным шпинделем и консолью) (рис. 30); вертикально-фрезерные станки (с вертикальным шпинделем), в том числе консольные (рис. 31, а) и бесконсольные, называемые также «с крестовым столом» (рис. 31, б); продольно-фрезерные станки; широкоуниверсальные инструментальные станки — с вертикальной рабочей плоскостью основного стола и поперечным движением шпиндельных узлов (рис. 31, в); копировально-фрезерные станки; фрезерные станки непрерывного действия, в том числе карусельно-фрезерные, барабанно-фрезерные.

§5. Работы, выполняемые на фрезерных станках.

Рассмотрим отдельные основные виды фрезерных работ:

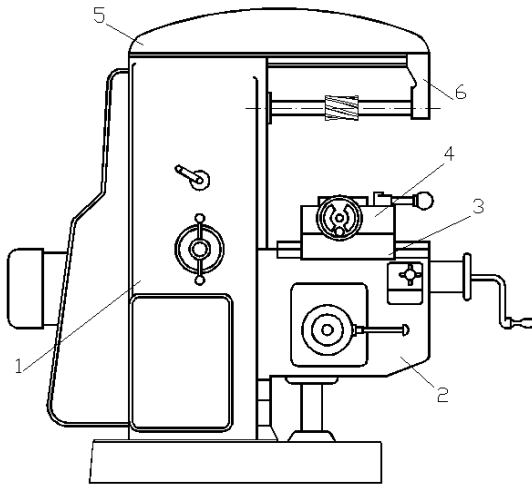


Рис. 30. Горизонтально-фрезерный станок
1 — станина; 2 — консоль; 3 — салазки; 4 — стол;
5 — хобот; 6 — кронштейн

Фрезерование горизонтальных плоскостей производят на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных (рис. 32, а и б) станках. Лучше эту работу производить на вертикальных станках вследствие большей жесткости крепления фрезы.

Фрезерование вертикальных плоскостей осуществляют на горизонтально-фрезерных и продольно-фрезерных станках (рис. 32, в) торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках — боковыми зубцами концевой фрезы (рис. 32, г). Фрезерование наклонных плоскостей производят одноугловой (рис. 32, д), двуугловой фрезой на горизонтально-фрезерном станке, либо торцовой фрезерной головкой — на вертикально-фрезерном станке со шпинделем, установленным под углом (рис. 32, е)

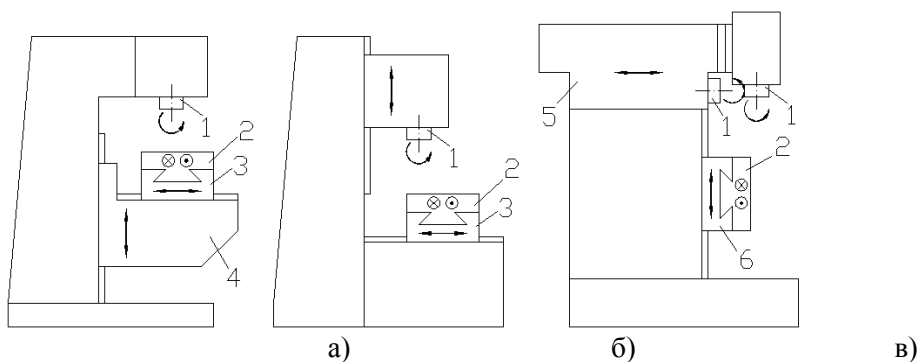


Рис. 31. Основные виды фрезерных станков:
а — вертикально-фрезерный консольный; б — вертикально-фрезерный бесконсольный; в — фрезерный ши-рокоуниверсальный;
1 — шпиндель; 2 — стол; 3 — салазки; 4 — консоль; 5 — ползун; 6 — каретка.

Фрезерование пазов: угловых (рис. 32, ж), *прямоугольных* (рис. 32, з), *Т-образных* (рис. 32, и), *типа ласточкиного хвоста* (рис. 32, к) производят на вертикально-фрезерных станках соответственно концевыми, Т-образными и одноугловыми фрезами.

Фрезерование комбинированных поверхностей выполняют (рис. 32, л) комплектами фрез (наборными фрезами) на продольно-фрезерных и иногда горизонтально-фрезерных станках.

Фрезерование фасонных поверхностей производят фасонными фрезами соответствующего профиля (рис. 32, м и н).

Фрезерование шпоночных канавок осуществляют разными фрезами. Шпоночные канавки можно фрезеровать на горизонтально-фрезерных станках дисковой фрезой (рис. 32, о, с), на вертикально фрезерных станках — концевой фрезой (рис. 32, п) или шпоночной фрезой (рис. 32, р).

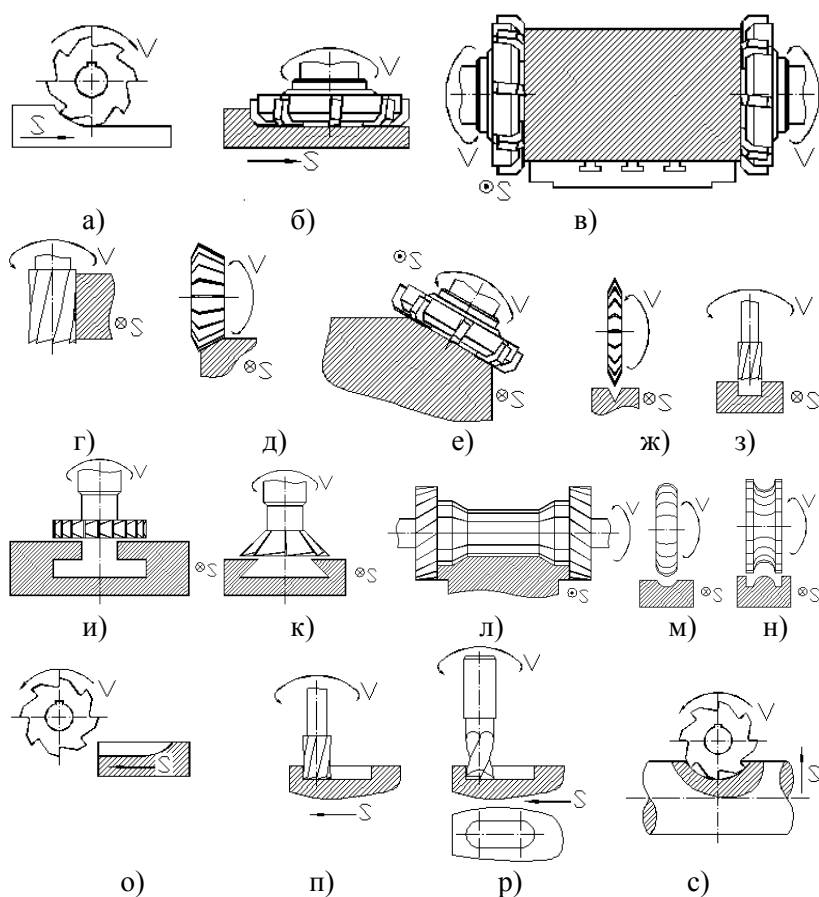


Рис. 32. Работы, выполняемые на фрезерных станках

ГЛАВА 6. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

§1. Схемы круглого и плоского шлифования.

Элементы резания при шлифовании

На рис. 33 приводятся две схемы шлифования: схема шлифования, по которой работают круглошлифовальные станки (рис. 33, а), и схема шлифования, по которой работают плоскошлифовальные станки (рис. 33, б).

Круглое шлифование производится при вращении шлифовального круга со скоростью v_k м/сек, которое является движением скорости резания; вращении заготовки со скоростью v_z , измеряемой в м/мин; поступательно-возвратном движении заготовки $S_{пр}$, которое является движением продольной подачи; поступательном перемещении шлифовального круга в направлении, перпендикулярном оси вращения заготовки $S_{п}$, которое является движением поперечной подачи. Движение $S_{п}$ осуществляется при крайних положениях заготовки и

служит для установки круга на глубину резания t мм.

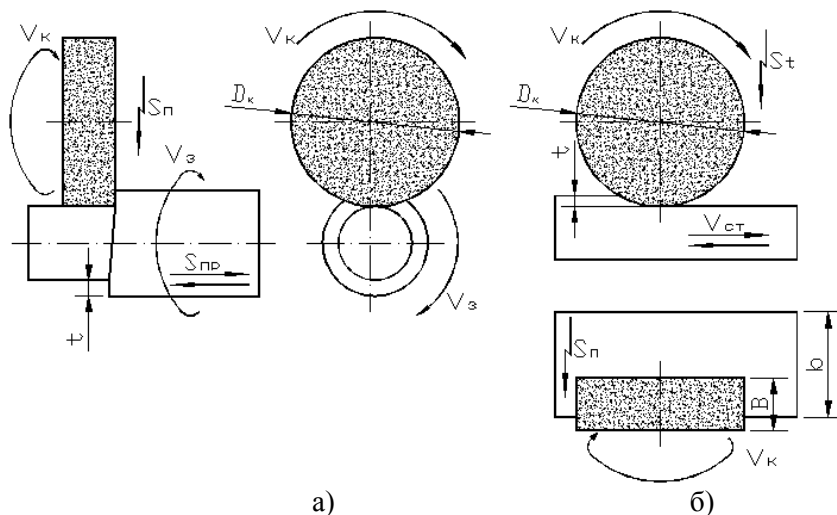


Рис. 33. Схема шлифования поверхностей и элементы резания при шлифовании:
а — круглом; б — плоском

Плоское шлифование производится при вращении шлифовального круга v_k м/сек, которое является движением скорости резания; поступательно-возвратном движении стола $v_{ст}$ м/мин, которое является движением продольной подачи; поступательном прерывистом перемещении шлифовального круга (или заготовки) S_n в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном к продольной подаче, которое называется движением поперечной подачи; поступательном перемещении шлифовального круга S_t в вертикальной плоскости, называемом движением вертикальной подачи и обеспечивающим установку круга на глубину резания t мм.

Основными элементами резания при шлифовальных работах, которыми определяется понятие режима резания, являются скорость резания, подача и глубина резания.

Эти элементы показаны на рис. 33, а и б для круглого и плоского видов шлифования периферией круга.

Скорость резания v_k м/сек при этих видах шлифования принимается равной окружной скорости шлифовального круга.

При круглом шлифовании, кроме скорости резания, элементами резания являются также скорость вращения заготовки, продольная подача и поперечная подача.

Скорость вращения заготовки v_3 м/мин есть круговая подача шлифуемой поверхности.

Продольная подача $S_{пр}$ мм/об есть величина перемещения шлифуемой поверхности вдоль оси вращения заготовки за один ее оборот. Ее величина назначается в зависимости от ширины шлифовального круга.

Поперечная подача S_n мм/ход есть величина прерывистого перемещения круга перпендикулярно оси вращения шлифуемой поверхности. Ее величина численно равна глубине резания t мм. Эта подача осуществляется при крайних положениях заготовки.

При плоском шлифовании периферией круга, кроме скорости резания, элементами резания являются продольная подача, поперечная подача и вертикальная подача.

Продольная подача заготовки $v_{ст}$ м/мин — это скорость поступательно-возвратного перемещения стола.

Поперечная подача S_n мм/дв. ход — величина прерывистого перемещения заготовки в направлении оси вращения круга.

Вертикальная подача S_t мм является величиной установки круга на глубину резания t .

§2. Абразивные инструменты. Характеристики шлифовальных кругов

Основными видами абразивного инструмента являются шлифовальные круги, сегменты, бруски, шкурки и притирочные принадлежности, насыщенные шлифовальными порошками.

Самым распространенным абразивным инструментом является шлифовальный круг. Форма и размеры шлифовальных кругов стандартизованы. Каждому виду круга присвоены условные обозначения (рис. 34): ПП — плоские прямые, ПВ — плоские с выточкой, Д — диски, ЧЦ — чашечные цилиндрические, ЧК — чашечные конические, К — кольца, тарельчатые круги Т и т. д.

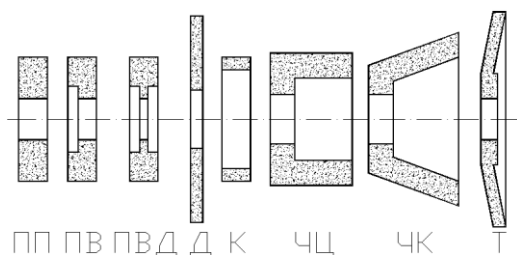


Рис. 34. Формы шлифовальных кругов

Абразивные материалы, из которых изготавливаются инструменты, разделяются на естественные и искусственные,готавливаемые промышленным путем.

Из естественных материалов сохранил большое практическое значение только один алмаз

Из искусственных абразивных материалов используются: электрокорунд (кристаллическая окись алюминия) Al_2O_3 , карбид кремния (карборунд) SiC , карбид бора B_4C и кубический нитрид бора (эльбор, кубонит).

Электрокорунд разделяется на три сорта в зависимости от механических свойств и содержания окиси алюминия: на белый электрокорунд (марки 25А, 24А, 23А, 22А), содержащий 98...99% Al_2O_3 , монокорунд (марки 45А, 44А, 43А) и нормальный электрокорунд (марки 16А, 15А, 14А, 13А), в котором Al_2O_3 не менее 91%.

Карборунд — карбид кремния. Зерна его более твердые и хрупкие, чем зерна электрокорунда. В зависимости от содержания SiC он разделяется на два сорта: черный карбид кремния (марки 55С, 54С, 53С), содержащий 95...97% SiC , и зеленый карбид кремния (марки 64С и 63С), содержащий SiC больше 97%.

Карбид бора готовится в виде серо-черного порошка, зерна которого по твердости близки к алмазу.

Кубический нитрид бора применяют для обработки заготовок из стали и чугуна. Его применение особенно эффективно при обработке высоко легиро-

ванных жаропрочных и коррозионно-стойких сталей. При этом расход абразивного инструмента снижается в 50...100 раз по сравнению с расходом электрокорунда.

Зернистостью абразивных материалов называют номер зерен, характеризующий их крупность. Абразивные материалы делят на 4 основные группы: шлифзерно, шлифпорошки, микрошлифпорошки, тонкие микрошлифпорошки.

Зернистость шлифзерна и шлифпорошков выражают в сотых долях миллиметра, зернистость микрошлифпорошков и тонких микрошлифпорошков в микрометрах.

Шлифзерно: 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16.

Шлифпорошки: 12, 10, 8, 6, 5, 4.

Микрошлифпорошки: M63, M50, M40, M28, M20, M14.

Тонкие микрошлифпорошки: M10, M7, M5.

Связка — материалы, связывающие зерна, разделяются на неорганические (минеральные), органические (смолы, каучук) и металлические. Из наиболее распространенных неорганических связок является *керамическая* (К), а из органических — *вулканитовая* (В) и *бакелитовая* (Б).

Керамическая связка, на которой выпускается около 90% шлифовальных кругов и других инструментов, состоит из огнеупорной глины, полевого шпата, талька, мела, кварца и жидкого стекла. Недостатком их является высокая хрупкость.

Вулканитовая связка состоит из каучука, серы и других веществ. Изготовленный на ней инструмент обладает эластичностью и большой прочностью, но низкой теплостойкостью. Круги на вулканитовой связке широко применяются на отрезных, прорезных и бесцентровошлифовальных работах.

Бакелитовая связка состоит из искусственной смолы, представляющей собой смесь карболовой кислоты и формалина, хорошо растворяющихся в спирте. Изготовленный на ней инструмент также отличается большой прочностью и эластичностью. Недостатком ее является повышенная способность разрушаться под действием щелочных растворов. Круги на этой связке применяются на чистовом и тонком шлифовании.

Шлифовальные круги на вулканитовой и бакелитовой связках выдерживают более высокие окружные скорости (примерно в 1.5 раза больше), чем на керамической связке.

Металлическая связка. Различают два основных вида металлических связок: порошковые и гальванические. *Порошковые металлические связки* получают спеканием порошков из медных и алюминиевых сплавов. *Гальванические связки* выполняются на никелевой основе методом гальванического закрепления зерен на металлическом корпусе.

Характерной особенностью металлических связок являются их высокая механическая прочность и незначительная пористость. На металлической связке изготавливают только алмазные и эльборовые круги, зерна которых обладают высокой износостойкостью.

Структурой абразивного инструмента называют соотношение в процентах

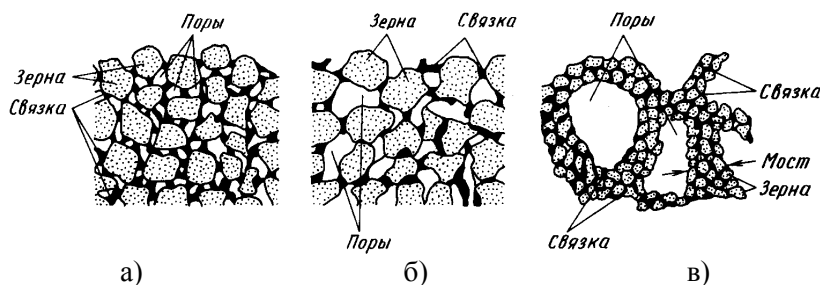


Рис. 35. Структура абразивного инструмента:
а — плотная; б — открытая; в — высокопористая

объемов, занятых в нем зернами, связкой и порами (рис. 35). Структуры обозначаются номерами от 0 до 12 и разделяются на три группы: плотная структура (№0...3), среднеплотная (№4...6) и открытая (№ 7...12). Чем мягче шлифуемый материал, выше его вязкость, тем более пористый выбирается шлифовальный круг.

Твердостью абразивного инструмента называют сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен внешней силой. Установлено семь категорий твердости, состоящих каждая из нескольких подразделений (см. табл. 1).

Общим правилом при выборе круга по твердости является следующее: чем тверже шлифуемый материал, тем быстрее притупляются зерна круга, а следовательно, тем мягче должен быть выбран круг (слабее связка).

Таблица 1 Категории твердости абразивного инструмента

Категории твердости абразивного инструмента	Условное обозначение	Подразделение
Мягкие	М	М1, М2, М3
Среднемягкие	СМ	СМ1, СМ2
Средние	С	С1, С2
Среднетвердые	СТ	СТ1, СТ2, СТ3
Твердые	Т	Т1, Т2
Весьма твердые	ВТ	ВТ1, ВТ2
Чрезвычайно твердые	ЧТ	ЧТ1, ЧТ2

Скорость круга и заготовки

Скорость вращения круга v_k определяется по формуле

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}, \text{ м/сек},$$

а скорость вращения заготовки равна

$$v_z = \frac{\pi D_z n_z}{1000}, \text{ м/мин.}$$

Величина скорости вращения заготовки зависит от качества материала заготовки, от величины стойкости T в мин, от диаметра заготовки в мм, от материалов шлифовального круга, от выбранных глубины резания при шлифовании в мм и подачи заготовки за ее один оборот (мм/об).

Типы шлифовальных станков

В зависимости от вида шлифовальных работ шлифовальные станки подразделяются на следующие типы:

- круглошлифовальные, предназначенные для обработки наружных поверхностей вращения;
- внутришлифовальные — для обработки внутренних поверхностей вращения;
- бесцентровошлифовальные — для обработки наружных и внутренних поверхностей вращения;
- плоскошлифовальные — для обработки плоскостей;
- специализированные — для шлифования резьб, зубьев и т. д.;
- заточные — для заточки режущих инструментов.

Обработка на круглошлифовальных станках

Круглое шлифование применяется главным образом при шлифовании наружных поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических и фасонных). Оно осуществляется на круглошлифовальных станках.

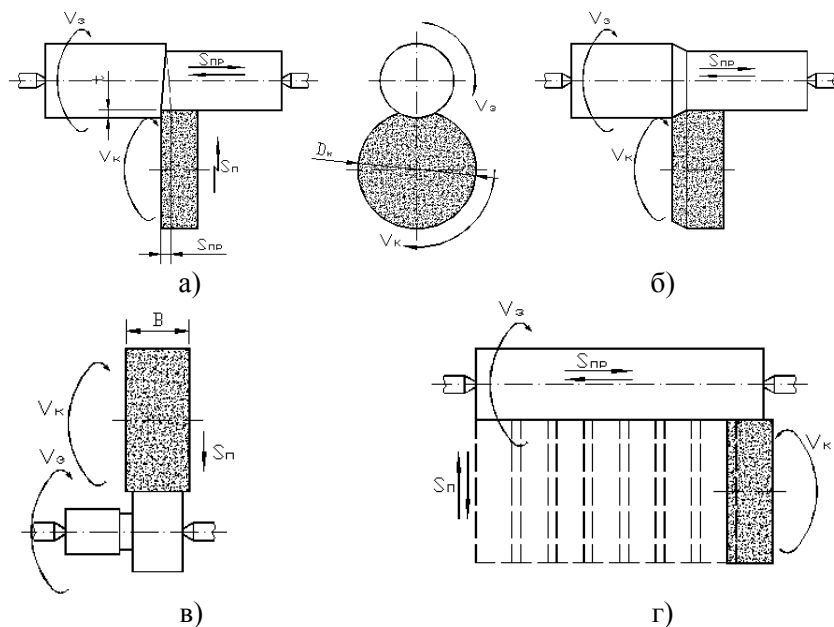


Рис. 36. Способы круглого шлифования поверхностей:

а — с продольной подачей; б — глубинное;

в — врезанием; г — уступами

При способе шлифования с продольной подачей (рис. 36, а) обрабатываемая заготовка устанавливается на станке в центрах. При недостаточной жесткости заготовки применяют в качестве промежуточных опор люнеты, устанавливаемые на столе станка через промежутки, равные 6...10 диаметрам шлифуемой заготовки. Приданное кругу вращательное движение обеспечивает скорость резания $v_k = 30...40 \text{ м/сек}$. Заготовка вращается со скоростью 4...20 м/мин (круговая подача) и поступательно-возвратно перемещается вдоль своей оси. Это движение является продольной подачей, которая назначается в долях ширины круга на один оборот заготовки. При черновом шлифовании $S_{пр} = (0.3...0.9)B$ и при чистовом — $S_{пр} = (0.2...0.3)B$, где B — ширина круга в мм.

В конце каждого хода (или двойного) заготовки шлифовальный круг перемещается на $S_{\text{п}}$ мм/ход перпендикулярно оси вращения на глубину резания $t = 0,005 \dots 0,07$ мм.

§3. Бесцентровое шлифование

Бесцентровое шлифование дает возможность шлифовать наружные и внутренние поверхности без закрепления заготовки. Выпускаемые с этой целью станки называются бесцентровошлифовальными.

На рис. 37 изображены два способа бесцентрового шлифования наружных поверхностей вращения: шлифование с продольной подачей на проход (рис. 37, а) и с поперечной подачей (рис. 37, б) коротких заготовок с заплечиками (врезное шлифование).

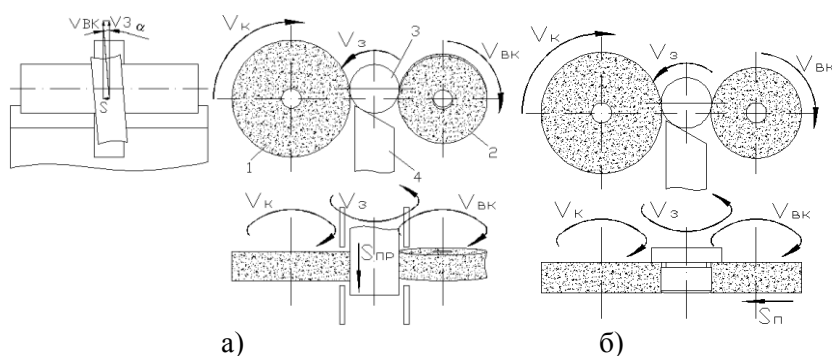


Рис. 37. Способы бесцентрового шлифования
а — на проход; б — врезанием

При наружном бесцентровом шлифовании заготовка помещается между двумя абразивными кругами (шлифующим и ведущим) на поддерживающей пластинке (ноже).

При внутреннем бесцентровом шлифовании заготовка помещается между двумя поддерживающими роликами и ведущим барабаном, а шлифующий круг заводится в обрабатываемое отверстие.

Для шлифования первым способом расстояние между образующими абразивных кругов устанавливается в соответствии с диаметром шлифуемой поверхности и периодически корректируется. Врезное шлифование производится путем поперечного перемещения ведущего круга (подачи $S_{\text{п}}$) до ограничителя, который устанавливается соответственно диаметру шлифуемой поверхности.

Ширина абразивных кругов должна перекрывать длину шлифуемой поверхности. За последнее время начинают применяться при этом способе шлифования круги шириной до 800 мм.

На рис. 37 показаны все движения, сочетанием которых производится бесцентровое шлифование при каждом способе. Вращательные движения шлифующего круга v_k и ведущего круга $v_{\text{вк}}$ осуществляются принудительно от привода. Движение v_k считается движением скорости резания. Заготовка получает вращение v_z (круговую подачу) от ведущего круга посредством сил сцепления поверхностей примерно с такой же скоростью, какую имеет ведущий круг. Окружная скорость шлифующего круга ограничивается прочностью связки и

для обычных кругов $v_k = 30...35$ м/сек. Окружная скорость ведущего круга применяется в 75...90 раз меньше скорости шлифующего круга, т. е. $v_{вк} = 20...30$ м/мин.

Поступательное перемещение вдоль своей оси (продольную подачу $S_{пр}$) при первом способе (рис. 37, а) заготовка получает за счет действия осевой составляющей скорости ведущего круга, которая возникает в результате установки его под угол $1...4.5^\circ$ к оси шлифующего круга.

§4. Обработка на внутришлифовальных станках

Внутреннее шлифование применяется для обработки отверстий, имеющих форму тел вращения. Обработка отверстий внутренним шлифованием производится периферией круга на внутришлифовальных станках различными способами.

На рис. 38, а показано шлифование отверстия у детали симметричной формы и небольших размеров (втулки, гильзы цилиндров, зубчатые колеса). Процесс шлифования осуществляется вращением круга (движение скорости резания v_k), возвратно-поступательного движения круга вдоль оси вращения (движение продольной подачи $S_{пр}$), вращения заготовки (движение круговой подачи v_3) и поперечного перемещения круга в конце каждого двойного хода (движение поперечной подачи $S_{п}$ на глубину резания t).

На рис. 38, б показан способ планетарного шлифования отверстий, который применяется при обработке тяжелых деталей, а также несимметричных по форме. При этом способе внутреннего шлифования все движения ($v_k, v_3, S_{пр}$ и $S_{п}$) приданы шлифовальному кругу, а обрабатываемая заготовка находится в непо-

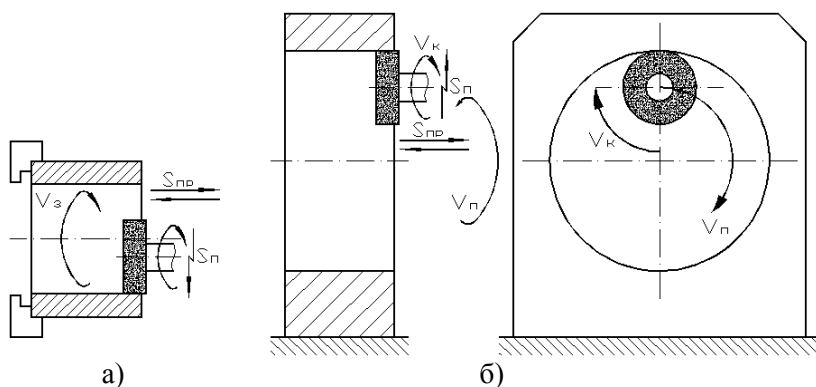


Рис. 38. Способы шлифования отверстий
а — с продольной подачей; б — планетарный

движном состоянии.

§5. Обработка на плоскошлифовальных станках

Плоское шлифование применяется для обработки плоских и фасонных прямолинейных поверхностей. Оно производится или периферией круга, или же торцовой частью его на плоскошлифовальных станках, выпускаемых станкостроительной промышленностью в различных исполнениях.

На рис. 39 показаны четыре способа плоского шлифования, получившие широкое применение на практике: шлифование периферией круга (рис. 39, а)

при прямолинейном поступательно-возвратном движении заготовок, шлифование торцом круга (рис. 39, б) при прямолинейном поступательно-возвратном движении заготовок, шлифование периферией круга (рис. 39, в) при круговом движении заготовок и шлифование торцом круга при круговом движении заготовок (рис. 39, г).

На приведенных схемах стрелками указаны движения резания и установочные движения, которые в процессе шлифования называют: v_k — движение скорости резания, v_z — движение продольной подачи в первых двух схемах и круговой подачи в последних двух схемах, S_n — движение поперечной подачи и S_t — движение подачи на глубину шлифования t , которое является установочным, так как в резании не участвует.

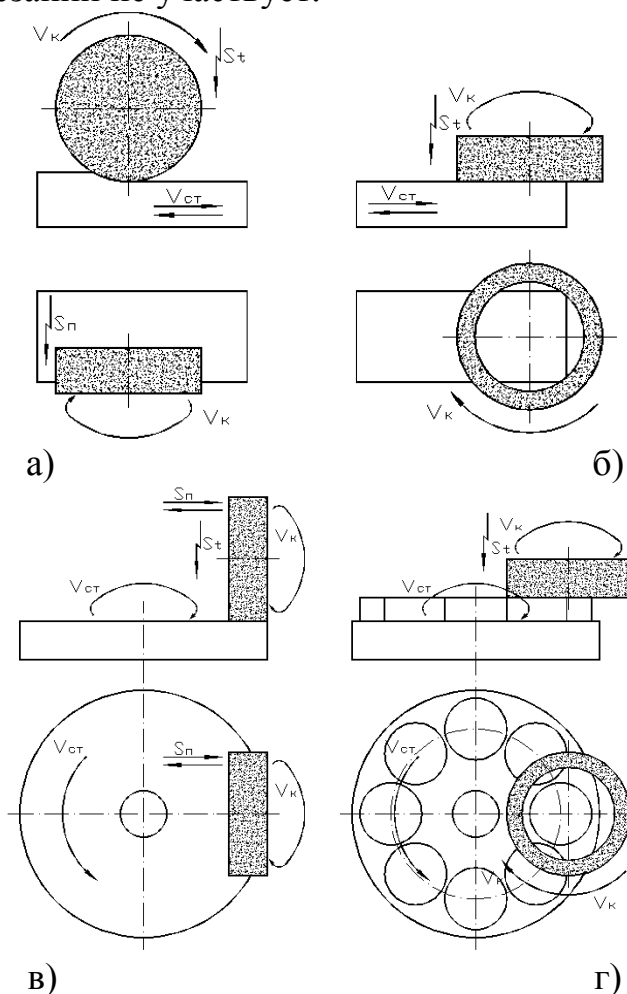


Рис. 39. Способы плоского шлифования

а — периферией круга на продольных столах; б — торцом круга на продольных столах; в — периферией круга на круглых столах; г — торцом круга на круглых столах

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ
«КОНТРОЛЬ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ
ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Никитина Л.Г.

Муром 2017 г.

Цель: Освоение методики обработки результатов исследования при большом числе опытов и оценка качества процесса получения опытных данных.

Введение в теорию

В инженерной практике часто часто возникает необходимость проведения различных измерений. Для их количественной оценки используют понятие «погрешность измерения». Чем меньше погрешность, тем выше точность измерения. Количество факторов, влияющих на точность измерения, очень велико. Для практических целей достаточно рассмотреть систематические и случайные погрешности.

Систематическими называются погрешности постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону в зависимости от неслучайных факторов. В большинстве случаев систематические погрешности могут быть обнаружены и устранены или компенсированы.

Случайными называются непостоянные по величине и знаку погрешности которые проявляются в зависимости от случайно действующих факторов. Их не возможно устранить. С помощью методов теории вероятностей и математической статистики можно приблизительно оценить пределы изменения и значение суммарной случайной погрешности.

Уменьшить влияние случайной погрешности на результат измерения можно увеличением числа измерения. Зависимость между числовыми значениями случайной величины и вероятностью их появления устанавливается законом распределения вероятностей случайных величин. Рассеяние значений случайной величины подчиняется закону нормального распределения вероятностей (закон Гаусса). При этом малые по величине погрешности встречаются чаще, чем большие (рис. 1).

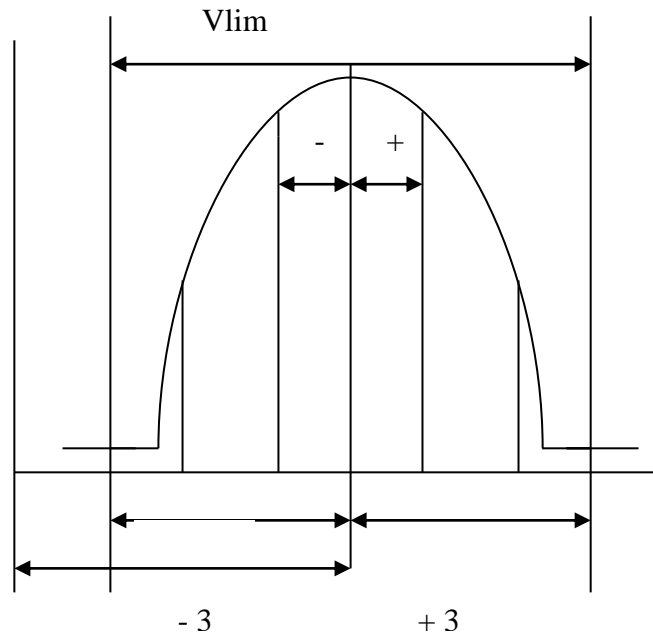


Рис.1. Погрешности

Кривая изображающая плотность распределения вероятности по нормальному закону приведена на рисунке и определяется уравнением:

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

где y – плотность распределения вероятности;

a – измеряемая величина

δ - параметр ее рассеяния

x – значение случайной величины

Площадь ограниченная кривой Гаусса и осью абцисс, равна единицы. Площадь, ограниченная 6δ равна, 0, 9973. Остальная площадь, не попавшая в предельное поле рассеяния, равна:

$$1 - 0,9973 = 0,0027$$

Нормальный закон распределения характеризуется:

- средним арифметическим значением

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1.2)$$

- эмпирическим среднеквадратическим отклонением

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=x}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \text{ при } N \geq 30, \quad (1.3)$$

$$S = U \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K x_i^2 - \bar{x}^2}{N-1}} \text{ при } N \leq 30, \quad (1.4)$$

Границы, в пределах которых будет находиться измеряемая величина, называется доверительным интервалом. Соответствующая этому интервалу заданная вероятность, называется надежностью, или доверительной вероятностью β . При $\beta = 0,9913$ доверительный интервал определяется границами $\bar{x} \pm 3\delta$,

$$\delta x = \frac{S}{\sqrt{N-1}}, \quad (1.5)$$

где δx - среднее квадратическое отклонение

Следовательно в общем виде границы доверительного интервала лежат в пределах:
 $\bar{x} \pm Z\delta x$

β	0,90	0,95	0,99	0,999
z	1,645	1,960	2,576	3,291

Значение β соответствует величине z .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ПОВЕРКА ТОЧНОСТИ МИКРОМЕТРА

1. Цель работы:

- изучение с основными метрологическими характеристиками измерительных средств;
- изучение микрометра типа МК и привитие навыков работы с ним;
- определение годности микрометра.

2. Введение в теорию

ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ (предел измерений) – это диапазон размеров, который может быть измерен данным измерительным средством и для которого нормируется допускаемая погрешность средства измерения. Термин «предел измерений» целесообразно использовать в том случае, когда меньшее значение диапазона измерений равно нулю. Так, вместо указания диапазона измерения 0-400 мм можно указать, что предел измерения 400 мм.

ШКАЛА – устройство для отсчета показаний прибора, имеющее ряд отметок (штрихов, точек и т.п.), соответствующих определенным значениям измеряемой величины.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Если стрелка прибора переместилась на шкале от одного деления на другое, это означает, что измеряемый размер изменился на величину, равную цене деления. Чаще всего используют цены деления 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 1; 2; 10 мкм.

ИНТЕРВАЛ ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – это расстояние между серединами двух соседних штрихов шкалы. Если цена деления показывает, чему соответствует перемещение стрелки от одного деления до другого, то интервал делений говорит, на сколько переместилась стрелка, если размер изменился на величину, равную цене деления.

ДИАПАЗОН ПОКАЗАНИЙ – это область значений измеряемого размера, которая может быть отсчитана по шкале.

ПОВЕРКА средств измерения – это экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению. Иногда при поверке не определяют значения погрешности средств измерения, а устанавливают – находится ли она в допускаемых пределах.

Все измерительные средства после их изготовления или ремонта, а также в процессе эксплуатации (хранения) должны проходить поверку.

Поверка средств измерения после изготовления или ремонта перед выпуском в обращение называется первичной.

Поверка средств измерения, проводимая при его эксплуатации или хранении через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы), называется периодической. Сроки поверки устанавливаются в зависимости от интенсивности использования средств измерения.

Поверку осуществляют либо органы государственной метрологической службы (государственная поверка), либо органы ведомственной метрологической службы (ведомственная поверка).

МИКРОМЕТРОМ называется измерительное средство с корпусом в виде скобы с двухточечной системой измерения, в котором перемещение одной из точек определяется с помощью резьбовой пары – винта и гайки.

Микрометрические инструменты предназначены для измерения линейных размеров контактным методом. К наиболее распространенным микрометрическим инструментам относятся микрометры (ручные и настольные) для наружных измерений. Микрометры выпускаются нескольких типов:

МК – гладкие, для измерения наружных размеров;

МВП – гладкие, для измерения деталей из мягких материалов;

МЛ – с циферблатом, для измерения толщины листов и лент;

МТ – для измерения толщины стенок труб;

МЗ – для измерения длины общей нормали зубчатых колес;

МВМ – для измерения среднего диаметра метрических резьб.

Все типы микрометров стандартизированы, отличаются конструктивным исполнением и пределами измерения, имеют цену деления шкалы 0,01 мм.

Для крепления микрометров на столе служит универсальная стойка.

Микрометр является измерительным средством, предназначенным для использования непосредственно на рабочих местах, в цехах у станков, где требуется надежно работающее измерительное средство в условиях определенной загрязненности, вибраций, иногда с непредвиденными ударами и сотрясениями этих измерительных средств. Микропара с обычным отсчетом соответствует этим условиям эксплуатации и эти условия практически не влияют на надежность микрометра.

3. Оборудование

При изучении конструкции микрометра – обязательно пользоваться трещоткой!

Измерительным устройством любого микрометрического инструмента является точно изготовленная микрометрическая пара с определенным шагом, обычно равным 0,5 мм. Резьбовую пару используют

как увеличивающее устройство, преобразующее небольшие продольные измерения винта в большие окружные перемещения шкалы барабана (если повернуть винт 5 на один оборот, когда гайка 3 неподвижна, то винт переместится в направлении оси на величину, равную шагу резьбы). Использование винтовой пары в качестве отсчетного устройства было известно еще в XVI веке, например, в пушечных прицельных механизмах, а позднее в различных геодезических инструментах.

В корпусе микрометра в виде скобы 1 (рис.1) заключены неподвижная пятка 2, которая реализует неподвижную точку в двухточечной схеме измерения, и гайка 3. Скоба должна быть достаточной жесткой, чтобы ее деформация от измерительного усилия не сказывалась на точности измерения. В микрометрах небольших размеров (до 300 мм) пятка 2 запрессовывается в скобу. С гайкой 3 резьбовой пары соединен неподвижно стебель 4, который запрессовывают в скобу. Внутри стебля с одной стороны находится микрометрическая резьба 3, а с другой – гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление перемещению винта 5. Торцовая поверхность винта, обращенная к пятке, является измерительной.

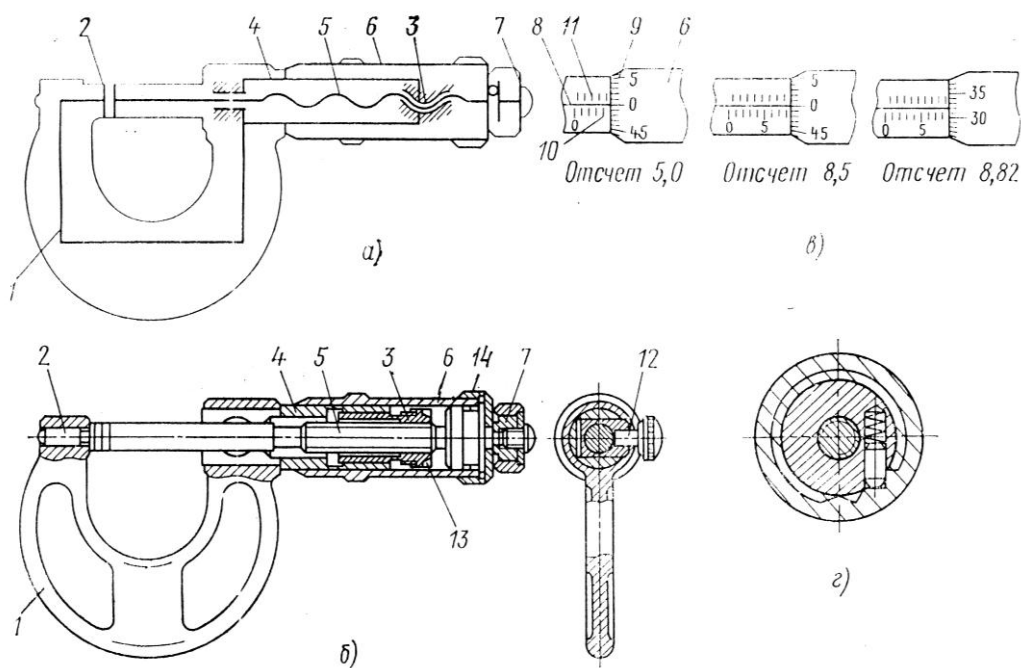


Рис.2. Микрометр гладкий

а- схема; б – конструкция для диапазона изменения 0-25 мм;

в – отсчет по шкале на стебле и барабане

1 – скоба; 2 – пятка; 3 - гайка с конической резьбой; 4 –стебель; 5 – винт микрометрической; 6 – барабан; 7 – трещотка; 12 – стопор.

Винт 5 скреплен с барабаном 6, на конце узла винт-барабан находится устройство 7, обеспечивающее измерение с определенным усилием, и представляет собой схему храпового механизма. Вращение головки храповика по часовой стрелке передается микрометрическому винту трением между штифтом, поджимаемым пружиной (рис. 1 –г), и зубьями храповика. При вращении в направлении соприкосновения измерительных поверхностей с деталью или между собой поджим этих поверхностей будет происходить с усилием, обеспечиваемым пружиной, поджимающей зуб. При дальнейшем вращении храповый механизм проскальзывает и раздается характерный треск.

Стопорное устройство 12 используют, если необходимо сохранить микрометрический винт в установленном положении.

Отсчетное устройство микрометра состоит из продольной шкалы 8 (рис.1 – в), нанесенной на стебле, и круговой шкалы 9 на барабане 6. По одну сторону продольного штриха 8 нанесена шкала 10 с интервалом в 1 мм, а по другую сторону – вторая шкала 11 тоже с интервалом в 1 мм, но сдвинутая на 0,5 мм по отношению к шкале 10.

Проверку начинают с нулевой точки. Для этого, вращая микровинт 5 за трещотку 7, плавно подводят его торец к торцу пятки 2 до тех пор, пока трещотка не станет проворачиваться. В этом положении нулевой штрих шкалы 9 барабана должен совпадать с продольным штрихом 8 стебля. Если совпадения штрихов нет, то устанавливают микрометр на нуль в следующем порядке:

- закрепляют стопор 12 микровинта;
- разъединяют барабан и микровинт отвертыванием установочного колпачка 14;
- совмещают нулевой штрих барабана с продольным штрихом 8 стебля и после этого вращают установочный колпачок 14 (по часовой стрелке) до плотного закрепления барабана на микровинте;
- освобождают стопор микровинта;
- проверяют правильность установки микрометра на нуль. Если установка с первого раза не удалась, то ее повторяют.

Для осуществления этой внешне простой операции требуется определенный навык, что является одной из трудностей в работе с микрометром.

4. Порядок выполнения работы

При проверке микрометра обязательно пользоваться трещоткой и вращать микрометрический винт плавно во избежание деформаций микрометра и неправильных замеров.

Поверку погрешностей показаний следует производить с помощью плоскопараллельных концевых мер длины не менее, чем по шести размерам, включая нулевое показание. Размеры для поверки следует подбирать так, чтобы поверить шкалу стебля и шкалу барабана на всей ее протяженности: в средней части основной шкалы поверяются показания шкалы барабана на штрихах, отстоящих друг от друга на 0,12 мм (табл. 1).

Поверка показаний микрометра производится по каждому контролируемому размеру, для чего подбирается блок плоскопараллельных концевых мер длины соответствующего размера (табл. 1). Плитки тщательно притираются друг к другу до получения сцепления.

Отсчет производится до тысячных долей мм, которые отсчитываются приближенно, как доли деления шкалы барабана.

Таблица 1

Рекомендуемые для проверки точки шкалы микрометра

Верхний предел измерений микрометра	До 25	Свыше 25
Рекомендуемые точки шкалы, по которым производится поверка	0	A+0
	5,12	A+5,12
	10,24	A+10,24
	15,36	A+15,36
	21,50	A+21,50
	25	A+25

Примечание. А- нижний предел (наименьший размер)

Шкалы микрометра.

Для повышения точности поверки показаний микрометра каждый отсчет (измерение) повторять не менее трех раз, не меняя положения плиток, за окончательный результат по каждому размеру принимать среднее арифметическое значение из повторных измерений.

Результаты измерений вносят в бланк отчета (приложение 1).

Отклонения от параллельности измерительных плоскостей микрометра измеряются с помощью плоскопараллельных концевых мер длины.

Измерение производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях «а-б» и «в-г» (рис.2) и состоит в определении разности средних размеров «а» и «б», а также разности размеров «в» и «г».

Для измерения составляется блок концевых мер длины, равный примерно среднеарифметическому размеру между наибольшим и

наименьшим размерами, измеряемых микрометром. Для микрометра с пределами измерений 0-25 мм рекомендуется брать размер 12-13 мм.

Измерение и отсчет производится также, как и при определении погрешностей показаний микрометра, только касания измерительных плоскостей микрометра с блоком плиток ограничивается сегментом высотой приблизительно $\frac{1}{4}$ диаметра (см. рис.2).

Для повышения точности измерение в каждом положении повторяется не менее трех раз за окончательный результат в каждом положении принимается среднее арифметическое значение.

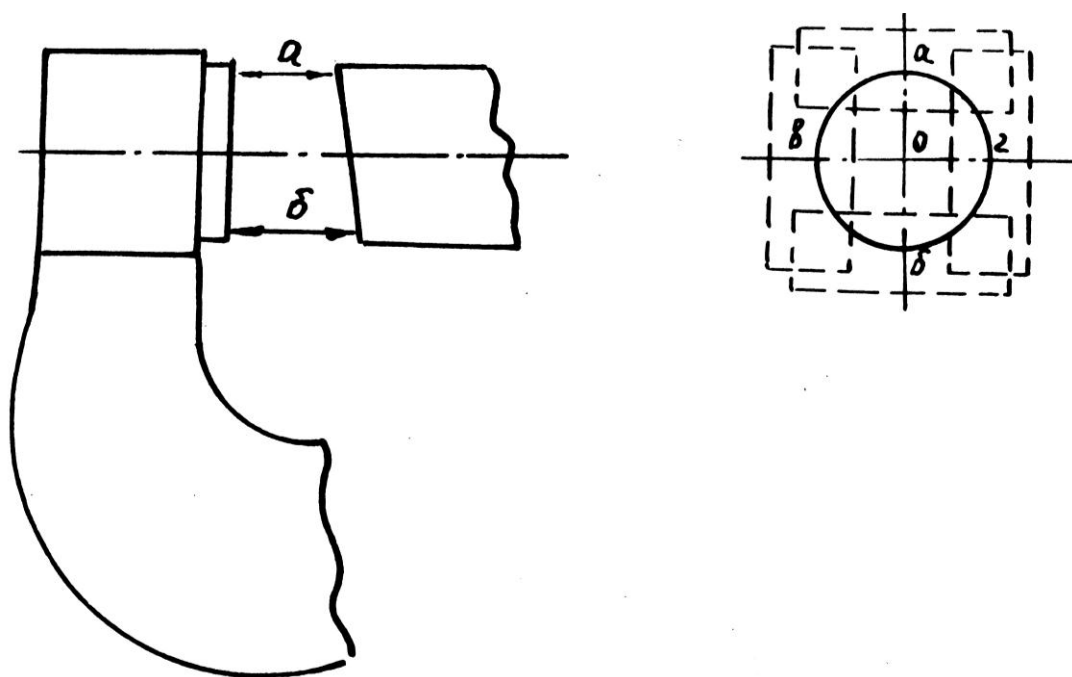


Рис.3. Схема контроля параллельности измерительных плоскостей микрометра

Разность средних значений в положении «а» и в положении «б» (аналогично в направлении «в-г») и есть отклонение от параллельности в этих направлениях.

Результаты измерения вносят в бланк отчета (см. прилож.1).

Дать заключение о годности микрометра, сравнив полученные результаты поверки с нормами допустимых отклонений (погрешностей) по ГОСТ 6570-90 (таблица 2).

Таблица 2

Допустимые погрешности микрометров (ГОСТ 6507-90)

Верхний предел измерений, мм	Допустимая погрешность показаний шкалы, мм	Допуск параллельности, мм
10; 25	+0,004	0,002
50	+0,004	0,0025
75; 100	+0,004	0,003
125; 150	+0,005	0,004

Микрометр считается годным для работы, если ни одно отклонение не превышает допускаемые стандартом.

Заключение о годности микрометра вносится в бланк отчета.

5.Контрольные вопросы

1. Понятие о метрологии и основных метрологических характеристиках измерительных средств?

2. Что означает термин «поверка»? Когда осуществляется поверка измерительных средств?

3. Назначение микрометра, какие существуют типы микрометров?

4. На чем основано устройство микрометра?

5. Из каких основных частей (деталей) состоит микрометр?

6. Объясните цену деления шкал отсчетного устройства микрометра.

7. Как производится установка микрометра на нуль?

8. Как производится поверка микрометра?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Лабораторная работа ПОВЕРКА ТОЧНОСТИ МИКРОМЕТРА

Результаты поверки показания микрометра

№ пп	Проверяемые точки шкалы (рамеры)	Показания микрометра			Среднее арифметич. значение показаний	Погрешност ь показаний микрометра
		1	2	3		
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Результаты поверки параллельности рабочих поверхностей микрометра

Положения измерений	Показания микрометра, мм			Среднее арифметич. значение показаний	Отклонение от параллельности рабочих поверхностей
	1	2	3		
а					В направлении а-б
б					
в					В направлении в-г
г					
Заключение о годности микрометра					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Цель работы:

- ознакомление у устройством индикаторного нормалемера и привитие навыков работы с ним;
- закрепление знаний по нормированию цилиндрических зубчатых колес.

1. Точность и виды сопряжений в зубчатых передачах

В ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) все требования к зубчатым колесам разделены на четыре группы и названы нормами точности:

- нормы кинематической точности обеспечивают согласованность углов поворотов ведущего и ведомого колес передачи, что определяет при эксплуатации точность передачи вращения с одного вала на другой;
- нормы плавности работы ограничивают циклические погрешности, многократно повторяющиеся за один оборот колеса, что устраняет появление динамических нагрузок;
- нормы контакта обеспечивают такое прилегание зубьев по длине и высоте, при котором от одного зуба к другому нагрузка передается по контактными линиям, максимально использующим всю активную поверхность зуба, что способствует долговечности работы передачи и устраняет предварительный износ зубьев;
- нормы бокового зазора устраняют заклинивания зубьев при работе и ограничивают мертвые ходы в передаче

Стандарт устанавливает 12 степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания с 1-й по 12-ю.

Степени точности 1-2 оставлены для будущего развития, а допуски даются, начиная с 3-й степени по нормам кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и передач.

Все эти три вида норм установлены отдельно для каждой степени точности и могут комбинироваться, т.е. быть разными, что позволяет назначать точные степени для тех норм, которые наиболее важны с эксплуатационной точки зрения для работы передачи, и более грубые степени – для остальных норм.

Независимо от степени точности зубчатых колес и передач стандартом устанавливаются различные виды сопряжений зубьев в передаче. За основу принята величина гарантированного (наименьшего) зазора.

Для зубчатых цилиндрических передач с $m > 1$ мм установлено шесть

видов сопряжений: с нулевым боковым зазором Н, весьма малым – Е, малым – D, уменьшенным – С, нормальным В и увеличенным боковым зазором – А. Кроме того установлено восемь видов допусков на боковой зазор: h, d, c, b, a, z, y, x (обозначения расположены в порядке возрастания величины допуска). С каждым видом сопряжения употребляется определенный вид допуска на боковой зазор, обозначенный строчной буквой, аналогичной букве вида сопряжения (например, с А – a, с В – b и т.д.).

Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью по нормам кинематической точности, плавности работы и контакту зубьев в передаче, а требования к боковому зазору – видом сопряжения и видом допуска бокового зазора.

В условном обозначении передачи (или колеса) последовательно записываются три цифры и две буквы. Так, для цилиндрической зубчатой передачи 8-й степени по нормам кинематической точности, 7-й степени по нормам плавности, 6-й степени по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения – В, видом допуска бокового зазора – а: 8–7–6–В–а ГОСТ 1643-81. Для передач 7-й степени по всем нормам, с видом сопряжения В: 7 – В ГОСТ 1643-81.

Если конструктору безразлична степень точности по какой-либо из норм, тогда вместо цифры степени стоит буква N: 8 – N – 6 – В ГОСТ 1643-81.

2. Прибор для измерения общей нормали цилиндрических зубчатых колес

Длиной общей нормали W называется расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям А и В зубьев колеса (рис. 1.1.). Общая нормаль к эвольвентным профилям является одновременно касательной к основной окружности.

Индикаторный нормалемер для измерения общей нормали предназначается как для контроля колебания толщины зубьев по общей нормали, так и для измерения сравнительным методом отклонений от номинального размера общей нормали.

Прибор (рис. 1.2.) состоит из круглой штанги 4, на которой помещается разрезная втулка 3 с неподвижной измерительной губкой 6. Чувствительная измерительная губка 7 при нажиме на кнопку арретира 2 перемещается параллельно самой себе и передает свое перемещение (при измерении) через угловой рычаг на индикатор 1, который закрепляется в державке.

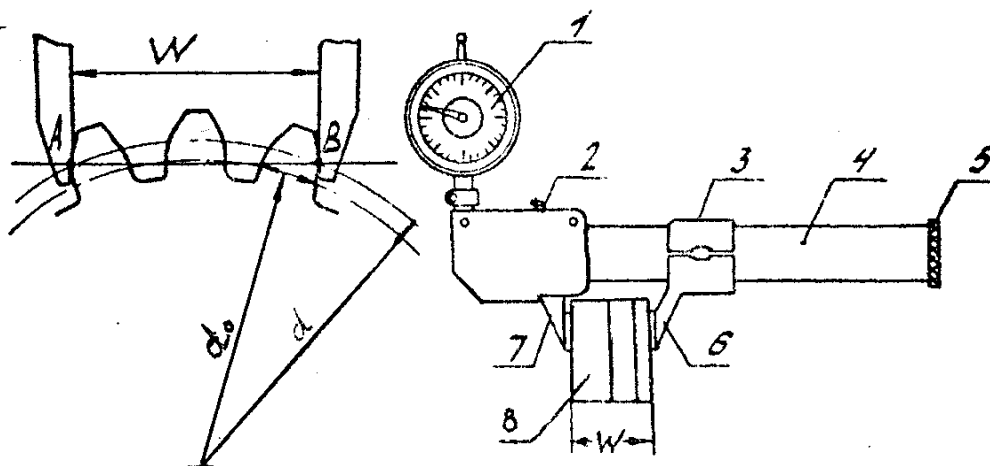


Рис. 1.1

Рис. 1.2

Разрезная втулка выполнена таким образом, что в свободном состоянии она самозажимается на штанге. Перемещение втулки с губкой возможно только с помощью ключа 5, который своим выступом вводится в гнездо разрезной втулки и при повороте разжимает втулку, давая возможность перемещать ее вдоль штанги.

Ключ 5 помещается в отверстие штанги, где удерживается своей пружинящей частью.

При использовании прибора необходимо прежде всего тщательно протереть измерительные поверхности губок и закрепить индикатор в державке.

Для установки прибора на необходимый размер следует приготовить блок плоскопараллельных концевых мер (плиток), равный номинальному размеру общей нормали, полученной путем расчета.

Затем установить с помощью ключа подвижную губку в положение контакта с блоком плиток так, чтобы стрелка индикатора находилась примерно в начале второго оборота, выставить шкалу индикатора на нуль, нажимая на кнопку арретира, повторно проверить нулевое положение.

Вынув блок плиток, установить прибор на группу зубьев измеряемого колеса – индикатор покажет отклонение от размера в плюс при движении стрелки отсчета целых оборотов в сторону увеличения или в минус – при движении этой же стрелки к нулю.

3. Последовательность выполнения работы

3.1. Измерить штангенциркулем наружный диаметр d_a зубчатого колеса и определить его модуль, округлив полученное значение до

ближайшего стандартного:

$$m = \frac{d_a}{z + 2}, \quad (2.1)$$

где z – число зубьев колеса.

3.2. Определить диаметр делительной окружности зубчатого колеса:

$$d = m \times z, \quad (2.2)$$

3.3. Определить число зубьев n , охватываемых при измерении:

$$n = 0.11 \times z + 0.5, \quad (2.3)$$

Полученное число n округлить до ближайшего целого числа.

3.4. Рассчитать номинальную длину общей нормали W прямозубого колеса с углом зацепления 20° :

- некорригированного

$$W = m[1.476(2 \times n - 1) + 0.014 \times z], \quad (2.4)$$

- корригированного

$$W = m[1.476(2 \times n - 1) + 0.014 \times z + 0.648 \times \chi], \quad (2.5)$$

где m – модуль зубчатого колеса;

z – число зубьев колеса;

χ – коэффициент корригирования;

n – число зубьев, охватываемых при измерении.

3.5. Собрать блок из концевых мер длины по расчетному номинальному размеру длины общей нормали. Установить нормалемер на размер W , а измерительную индикаторную головку на нуль (см. описание прибора).

3.6. Произвести измерение длины общей нормали по каждому зубу колеса, избегая перекосов и покачивая нормалемер, найти положение с наименьшим отсчетом. Полученные отклонения A_w занести в отчетный бланк.

3.7. Дать заключение о годности измеряемого зубчатого колеса по проверяемому параметру, для чего необходимо знать верхнее отклонение A_{wme} средней длины общей нормали.

3.7.1. Определяем допуск на радиальное биение зубчатого венца (табл.5.7).

3.7.2. Наименьшее отклонение A_{Wme} средней длины общей нормали (в минус от номинала), т.е. верхнее отклонение, определить по табл. 5.20. (Состоит из двух слагаемых).

3.7.3. Допуск T_{Wm} на среднюю длину общей нормали определить по табл. 5.21 ГОСТ 1643-81.

3.7.4. Зная верхнее отклонение A_{Wme} и допуск T_{Wm} построить схему расположения поля допуска средней длины общей нормали.

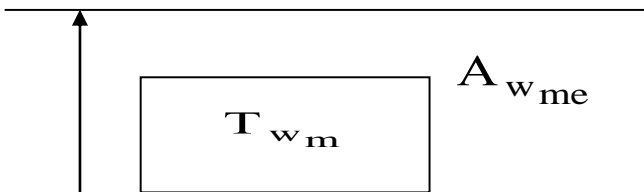
3.7.5. Сравнить отклонения средней длины общей нормали, полученные в результате измерений, с расчетными. Дать заключение о годности колеса.

Годным считается такое зубчатое колесо, у которого средняя длина общей нормали не выходит за пределы расчетных.

3.8. Результаты работы занести в бланк отчета (см. прилож.2).

Лабораторная работа
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Выдается: Зубчатое колесо (шестерня). Приборы для измерения длины общей нормали.

Число зуб.	$Z =$	Предельные отклонения и допуск длины общей нормали			
Наружный диаметр	$D =$	Степень точности и норма зазор	Верхнее отклонен ие $A_{w_{me}}$	Радиаль- ное биение F_r	Допуск T_{wm}
Модуль	$m =$	7-B			
Число зубьев в растворе мерительных губок (рас- четное) Принято: $n =$ Длина общей нормали $W =$		Схема расположения поля допуска нормали w $\begin{matrix} + \\ 0 \\ - \end{matrix}$ 			

Результаты измерений длины общей нормали зубчатого колеса A_w

№№ замеров	1	2	3	4	5	6	7	8
Отклонения от номинальной величины								
№№ замеров	9	10	11	12	13	14	15	16
Отклонения от номинальной величины								
Заключение о годности								

Таблица 1

Нормы кинематической точности.

Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r по ГОСТ 1643-81 и
ГОСТ 9178-81

Зубчатые колеса с $m < 1$ мм										
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм								
		до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 200	св. 200 до 315	св. 315 до 400
		Допуски F_r , мкм								
4	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	4 6	5 6	6 7	7 8	8 9	9 10	10 12	- 14	- 15
5	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	7 9	8 10	9 11	10 12	12 14	14 16	16 19	- 22	- 22
6	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	11 15	12 16	14 18	16 20	19 22	22 25	26 30	- 35	- 36
7	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	16 21	18 22	20 24	22 26	26 30	30 36	36 42	- 48	- 50
8	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	19 26	21 28	25 30	28 34	32 38	38 45	45 50	- 55	- 63
9	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	24 34	26 36	30 40	36 45	42 50	48 55	55 63	- 75	- 90
10	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	30 42	34 45	38 50	45 55	53 60	60 70	70 80	- 95	- 110
11	Св. 0.5 до 1	50	55	63	70	80	90	105	120	140
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм										
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм								
		до 125			св. 125 до 400			св. 400 до 800		
		Допуски F_r , мкм								
4	От 1 до 3.5 Св. 3.5 » 6.3 » 6.3 » 10	10 11 13			15 16 18			18 20 22		
5	От 1 до 3.5 Св. 3.5 » 6.3 » 6.3 » 10	16 18 20			22 25 28			28 32 36		
6	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 » 6.3 » 10	25 28 32			36 40 45			45 50 56		

Продолжение табл. 1

7	От 1 до 3.5	36	50	63
	Св. 3.5 » 6.3	40	56	71
	» 6.3 » 10	45	63	80
8	От 1 до 3.5	45	63	80
	Св. 3.5 » 6.3	50	71	90
	» 6.3 » 10	56	80	100
9	От 1 до 3.5	71	80	100
	Св. 3.5 » 6.3	80	100	112
	» 6.3 » 10	90	112	125
10	От 1 до 3.5	100	112	125
	Св. 3.5 » 6.3	125	140	140
	» 6.3 » 10	140	160	160
11	От 1 до 3.5	125	140	160
	Св. 3.5 » 6.3	160	180	180
	» 6.3 » 10	180	200	200

Примечания: 1. Радиальным биением зубчатого венца F_{rr} (допуск F_r) называется наибольшая в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (см. рис. к табл. 5.2) одиночного зуба или впадины, условно наложенного на профили зубьев колеса. Практически F_{rr} определяется разностью расстояний до постоянных хорд зубьев (см. рис. к табл. 6.29). 2. Допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса рассчитывается по формуле

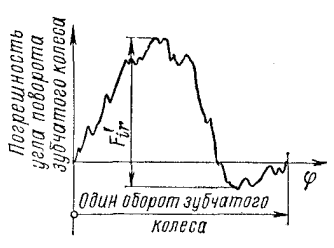
	$F'_i = F_p + f_f,$ <p>где F_p определяется по табл. 5.8 в зависимости от степени по нормам кинематической точности; f_f определяется по табл. 5.9 в зависимости от степени точности по нормам плавности работы. Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{ir} (ограниченная допуском F'_i) - наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса (ведомого измерительным колесом) в пределах его полного оборота (см. рисунок). 3. Значения F_r для степеней точности 3 и 12, а также значения F_r (при $m \geq 1$ мм) для $d > 800$ мм и $m > 10$ мм см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81</p>
---	--

Таблица 2

Наименьшие отклонения средней длины общей нормали $-E_{Wms}$, $+E_{Wmi}$,
 наименьшие отклонения длины общей нормали $-E_{Ws}$, $+E_{Wi}$ по ГОСТ 1643-
 81 и ГОСТ 9178-81

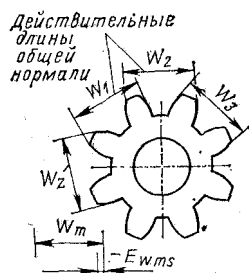
Слагаемое I для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$ (см. примечания)											
Зубчатые колеса с $m < 1$ мм											
Вид со-пряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d , мм									
		до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 315	св. 315 до 400
		Отклонения E_{Wms} , E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Ws} , E_{Wi} , мкм									
H	3-7	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10
G	3-6	8	9	11	13	15	17	19	25	28	30
	7	11	12	13	15	17	19	21	26	28	32
	8	15	16	17	18	20	22	24	30	32	35
F	3-6	12	15	18	21	24	26	30	36	40	45
	7	15	16	19	22	25	28	32	36	40	45
	8	18	20	22	25	28	32	36	40	42	45
	9	25	28	30	32	35	38	42	42	45	50
	10	32	35	38	40	40	45	48	50	53	55
E	3-7	19	22	26	30	36	42	48	55	63	70
	8	24	26	30	35	40	45	50	60	63	70
	9	28	32	36	40	45	50	55	60	63	70
	10	38	40	42	45	50	55	60	63	70	75
D	3-7	28	34	40	48	55	63	75	85	95	105
	8	34	38	42	48	55	63	80	85	95	105
	9	38	42	48	55	60	70	80	90	100	110
	10	45	50	55	60	70	70	85	90	100	110
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм											
Вид со-пряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d , мм									
		до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 315	св. 315 до 400	св. 400 до 500	св. 500 до 630	св. 630 до 800	
		Отклонения E_{Wms} , E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Ws} , E_{Wi} , мкм									
H	3-6	8	10	11	12	14	16	18	20	22	
	7	10	10	12	14	16	18	20	22	25	
E	3-6	20	24	28	30	35	40	45	50	55	
	7	25	30	30	35	40	45	50	55	60	
D	3-6	30	35	40	50	55	60	70	70	90	
	7	35	40	50	55	60	70	70	80	100	

Продолжение табл. 2

	8	40	50	50	60	70	70	80	90	110
C	3-6	50	60	70	80	90	100	110	120	140
	7	55	70	70	80	100	110	120	140	140
	8	60	80	80	100	110	120	140	140	160
	9	70	80	100	110	120	140	140	160	200
B	3-6	80	100	110	120	140	160	180	200	220
	7	100	110	120	140	180	180	200	200	250
	8	100	110	140	140	180	200	200	250	280
	9	110	120	140	160	200	200	250	280	300
	10	110	140	160	180	200	250	250	280	350
	11	120	160	180	200	200	250	280	280	350
A	3-6	120	140	180	200	220	250	280	300	350
	7	140	180	200	200	250	280	300	350	350
	8	160	200	200	250	280	300	350	350	400
	9	180	200	250	280	280	350	350	400	500
	10	200	200	250	280	300	350	400	400	500
	11	200	250	280	300	350	350	400	500	550

Слагаемое II для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$.															
Модуль: m , мм	Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r , мкм														
	до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12	св. 12 до 16	св. 16 до 20	св. 20 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 160
	Отклонения E_{Wms} или E_{Wmi} , (слагаемое II), мкм														
$m < 1$	1	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35
$m \geq 1$	2	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35

Примечания: 1. Наименьшее отклонение средней длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями - E_{Wms} и для колеса с внутренними зубьями + E_{Wmi} ($|E_{Wms}| = |E_{Wmi}|$) - наименьшее предписанное отклонение средней длины общей нормали, осуществляемое в целях обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора. Средняя длина общей нормали W_m - среднее арифметическое из всех действительных длин (W_1, \dots, W_z , см. рисунок) общих нормалей по зубчатому колесу $W_m = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_z}{z}$. Наименьшее отклонение длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями -, для зубчатого колеса с внутренними зубьями + E_{Wi} .



2. Значения F_r по табл. 5.7. 3. Для определения E_{Wms} (E_{Wmi}) необходимо к слагаемому I, - величина которого зависит от делительного диаметра d и вида сопряжения, прибавить слагаемое II, величина которого зависит от допускаемого радиального биения F_r . Пример пользования таблицей: Зубчатое колесо внешнего зацепления 8-В ГОСТ 1643-81 с делительным диаметром $d = 75$ мм и модулем $m = 3$ мм. Слагаемое I равно 100 мкм (для вида сопряжения В, 8-й степени точности и $d = 75$ мм); слагаемое II равно 11 мкм (при $F_r = 45$ мкм - по табл. 5.7 для 8-й степени точности и $d = 75$ мм). Следовательно, - $E_{Wms} = (100 + 11) = -111$ мкм или $E_{Wmi} = +111$ мкм (для колеса внутреннего зацепления). 4. Значения E_{Wms} (E_{Wmi}), E_{Ws} (E_{Wi}) при $d > 800$ мм, $F_r > 200$ мкм и для 11-й и 12-й степеней точности см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81.

* Для зубчатых колес с $m < 1$ мм F_r свыше 160 мкм.

Таблица 3

Допуски на среднюю длину общей нормали T_{Wm} и на длину общей нормали T_W по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

Модуль m , мм	Вид сопряжения	Вид допуска бокового зазора	Обозначение допусков	Допуски на радиальное биение F_r , мкм															
				до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12	св. 12 до 16	св. 16 до 20	св. 20 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 160	св. 160 до 200
				Допуски T_{Wm} , T_W , мкм															
$m < 1$	H	h	T_{Wm}	6	7	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	25	28	35	38
			T_W	10	11	12	14	17	20	22	26	34	40	48	60	75	95	112	130
	G	g	T_{Wm}	8	8	9	9	11	12	14	15	16	20	21	28	32	40	48	50
			T_W	11	12	14	15	19	22	26	30	36	45	50	67	80	100	130	140
	F	f	T_{Wm}	9	10	10	11	12	14	16	19	21	22	28	35	38	45	56	63
			T_W	12	14	15	17	20	24	28	34	40	48	56	75	90	110	140	160
	E, D	e	T_{Wm}	11	11	12	14	15	17	21	22	26	30	38	45	53	67	80	85
			T_W	14	15	17	20	22	28	32	38	48	53	67	85	100	130	160	180

$m \geq 1$	H, E	h	T_{Wm}	16	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28	30	40	55	70	80
			T_W	20	20	20	25	28	28	30	35	40	50	60	70	80	100	140	160
	D	d	T_{Wm}	20	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40	60	70	80	100	120
			T_W	25	25	28	28	30	35	40	50	55	60	70	100	110	140	180	200
$m \geq 1$	C	c	T_{Wm}	28	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70	90	110	120	140	180
			T_W	35	35	35	35	40	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280
	B	b	T_{Wm}	35	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100	100	120	140	200	250
			T_W	35	35	40	50	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280	350
	A	a	T_{Wm}	45	45	50	50	55	60	60	80	90	100	110	140	150	180	240	280
			T_W	50	50	55	55	60	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350
	-	z	T_{Wm}	60	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	400
			T_W	60	60	70	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350	500
	-	y	T_{Wm}	70	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220	240	300	350	400	500
			T_W	80	80	80	100	100	110	120	140	180	200	250	280	350	400	500	600
	-	x	T_{Wm}	90	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	400	550	700
			T_W	100	100	110	110	120	140	140	180	200	250	280	350	400	500	600	800

Примечания: 1. Величины F_r см. табл. 5.7. 2. Если вид допуска бокового зазора не соответствует виду сопряжения, то допуски T_{Wm} и T_W выбираются в зависимости от вида допуска бокового зазора. 3. Значения T_{Wm} , T_W для $F_r > 200$ мкм см. ГОСТ 1643-81.

* См. сноску к табл. 5.20.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ НА МИКРОСКОПЕ

1. Цель работы:

- изучение методики измерения параметров резьбы на инструментальном микроскопе. ММИ

2. Введение в теорию

Объектом измерения является резьбовое изделие с наружной метрической резьбой. Профиль и основные параметры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм представлены на рис. 1, где d , D — наружный диаметр резьбы; d_1 , D_1 — внутренний диаметр резьбы; d_2 , D_2 — средний диаметр резьбы; P — шаг резьбы; α — угол профиля; H_1 — рабочая высота профиля; H — высота исходного треугольника.

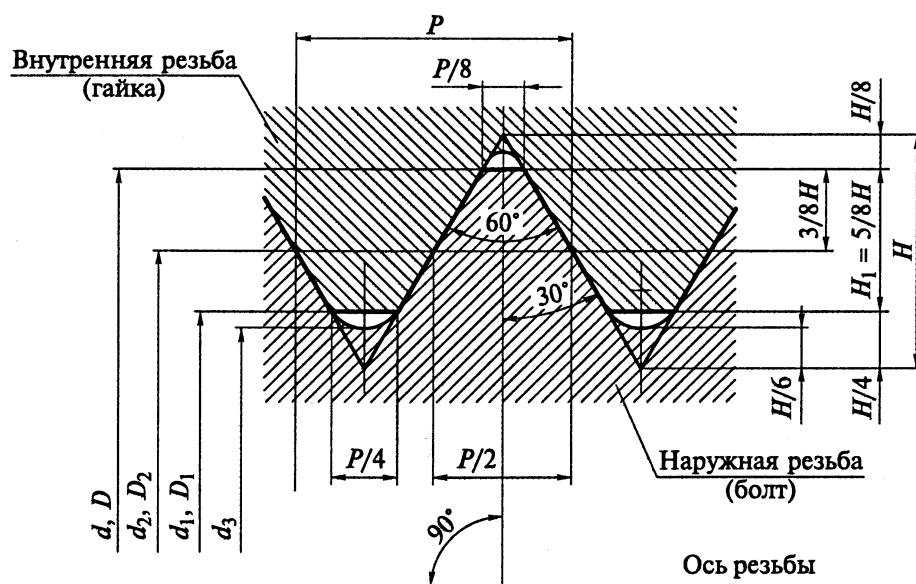


Рис.1. Профиль и основные параметры резьбы

Посадки резьбовых деталей с зазором регламентированы СТ СЭВ 640-77, где установлено пять основных отклонений для наружной резьбы и четыре — для внутренней (рис.2).

Стандартом установлены следующие степени точности (табл.1), на которые даны ряды допусков.

Таблица 1

Диаметры		Степень точности		
Болт	наружный d	4;	6;	8
	средний d_2	3; 4;	5; 6;	7; 8; 9
Гайка	внутренний D_1	4;	5; 6;	7; 8
	средний D_2	4;	5; 6;	7; 8

Для выбора степени точности в зависимости от длины свинчивания резьбы предусмотрены три группы длин свинчивания: S — малые, N — нормальные и L — большие.

Поля допусков сгруппированы в трех классах точности: точном, среднем и грубом, которые используют для сравнительной оценки точности резьбы и в обозначениях не указывают.

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения полей допусков среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и наружного диаметра для болтов, а для гаек внутреннего (например, 7g6g; 5H6H). Если обозначения полей допусков указанных диаметров совпадают, то их в обозначении поля допуска резьбы не повторяют (например, 6g; 6H). Обозначение поля допуска резьбы ставят после указания ее размера (например, болт M12-6g; гайка M12-6H). Посадки резьбовых соединений обозначают дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки, а в знаменателе — болта (например, M12-6H/6g; M20-4H5H/6g).

Средний диаметр, шаг, угол профиля являются основными параметрами резьбы, т.к. они определяют характер контакта резьбового соединения, его прочность и другие эксплуатационные качества. Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и гайки T_{D_2} , который включает допустимое отклонение собственного диаметра $\Delta d_2(\Delta D_2)$ и диаметральные компенсации погрешностей шага f_p и угла профиля f_α , т.е.

$$T_{d_2}(T_{D_2}) = \Delta d_2(\Delta D_2) + f_p + f_\alpha, \quad (3.1)$$

Величины f_p и f_α определяются для метрической резьбы по формулам:

$$f_p = 1,732 \Delta P \text{ (мкм)}, \quad (3.2)$$

$$f_{\alpha} = 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2} \text{ (мкм)}, \quad (3.3)$$

где ΔP — отклонение шага резьбы в микрометрах;

P — шаг резьбы в миллиметрах;

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ — отклонение половины угла профиля резьбы в угловых минутах.

Для упрощения контроля резьб и расчета допусков введено понятие приведенного среднего диаметра резьбы, учитывающего влияние на свинчиваемость $d_2(D_2)$, f_p и f_{α} . Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для болта или уменьшенное для гайки на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют приведенным средним диаметром, который определяется по формулам:

для наружной резьбы (болт)

$$d_{2пр} = d_{2изм} + f_p + f_{\alpha};$$

для внутренней резьбы (гайка)

$$D_{2пр} = D_{2изм} - (f_p + f_{\alpha}).$$

Значение приведенного среднего диаметра резьбы определяется по результатам трех измерений:

- собственно среднего диаметра;
- отклонения шага на длине свинчивания;
- отклонения половины угла профиля.

3. Оборудование

Инструментальные микроскопы БМИ (большая модель инструментального микроскопа) и ММИ (малая модель) относятся к группе оптико-механических приборов и предназначены для измерения линейных размеров в прямоугольных координатах и угловых элементов различных деталей, режущего и измерительного инструментов. Применяются в производственных лабораториях и цехах на контрольных пунктах, а также в научно-исследовательских институтах и других организациях.

Устройство инструментального микроскопа позволяет производить измерения в проходящем и отраженном свете элементов профиля резьбы, углов, конусов, радиусов, размеров, шаблонов и т.д.

Микроскоп (рис.3) состоит из основания 1, внутри которого смонтированы узлы оптической системы, а на задней стороне расположен осветитель 16.

Перемещение стола осуществляется микрометрическими устройствами 2 и 18 с ценой деления 0,005 мм и пределами измерения 0 — 25 мм.

Микроскоп снабжен универсальной головкой с двумя окулярами 8 и 9. В поле зрения окуляра 9 видно изображение теневого контура измеряемого объекта и штриховая сетка (рис.4), нанесенная на стеклянный диск. Вращение диска осуществляется маховичком 10.

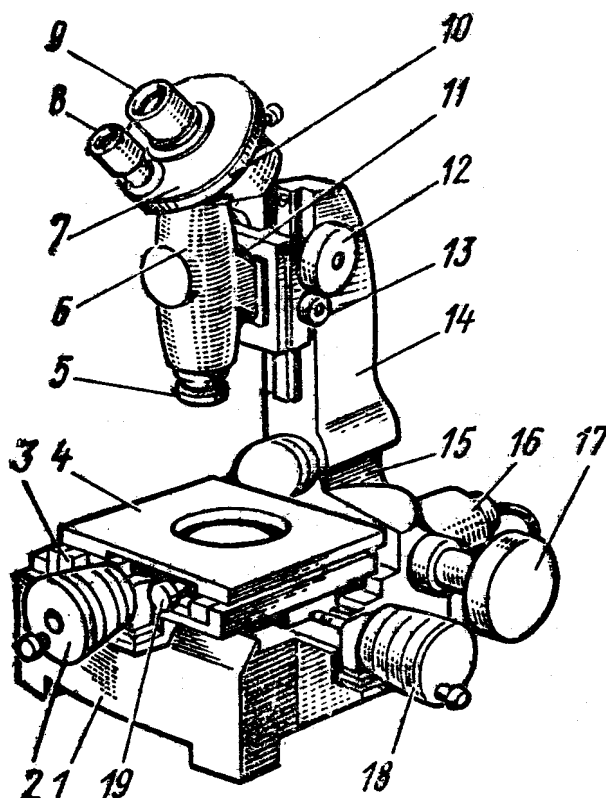


Рис.3. Инструментальный микроскоп ММИ:

1 — основание; 2 — микрометр поперечного перемещения стола; 3 — салазки; 4 — предметный стол; 5 — кольцо, регулирующее изображение теневого контура; 6 — стопор; 7 — угломерная окулярная головка; 8 — окуляр градусной шкалы; 9 — окуляр; 10 — маховичок поворота угловой шкалы; 11 — кронштейн; 12 — маховик подъема визирного микроскопа; 13 — винт; 14 — колонка; 15 — опора; 16 — осветитель; 17 — маховичок наклона стойки; 18 — микрометр продольного перемещения стола.

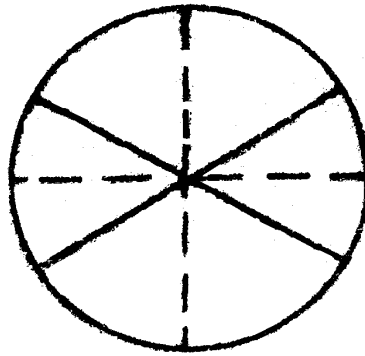


Рис. 4. Штриховая сетка окулярной головки микроскопа

Угол поворота штриховой сетки отсчитывается по угловой шкале окуляра 8, в поле зрения которого наблюдается часть подвижной градусной шкалы с ценой деления 1° и неподвижная минутная шкала с ценой деления $1'$.

4. Порядок выполнения работы

- 4.1. Ознакомиться с устройством инструментального микроскопа.
- 4.2. Определить номинальные и предельные размеры резьбы по СТ СЭВ 182-75 и СТ СЭВ 640-77, занести в бланк отчета.
- 4.3. Измерить наружный и внутренний диаметры, шаг и половину угла профиля резьбы.
- 4.4. Вычислить приведенный диаметр.
- 4.5. Дать анализ результатов измерения.

5. Процесс измерения

Измерение наружного диаметра резьбы $d_{\text{изм}}$

Измерить наружный диаметр резьбы. Для этого градусную шкалу 8 инструментального микроскопа (рис.3) устанавливают в нулевое положение и с помощью поперечного микровинта 10 совмещают изображение вершин профиля резьбы с горизонтальной пунктирной линией штриховой сетки (рис.4) окулярной головки.

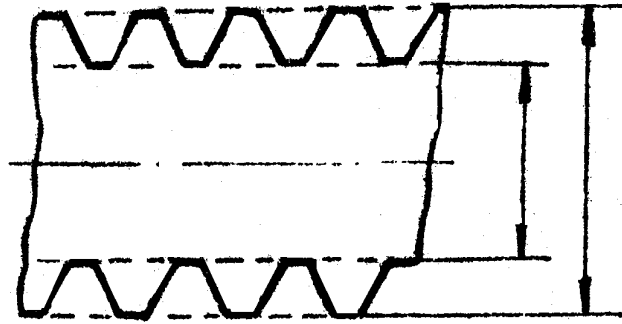


Рис.5. Схема измерения наружного и внутреннего диаметров резьбы

Делают первый отсчет по барабану поперечного микровинта. Результат измерения записывается в графу «первый отсчет» отчета (прил.1). С помощью этого же микровинта перемещают измерительный стол с деталью до совмещения изображения вершин профиля противоположной стороны резьбы (рис.5) с той же пунктирной линией штриховой сетки, и делают второй отсчет. За окончательный результат измерения следует принимать разность между отсчетами.

Измерить внутренний диаметр методом, указанным для измерения наружного диаметра, но совмещать горизонтальную пунктирную линию штриховой сетки в этом случае нужно с изображением линии впадин резьбы.

При измерении шага резьбы совмещают с помощью продольного 2 и поперечного 18 микровинтов изображение стороны профиля резьбы с одной из сплошных линий сетки угломерной головки. Отсчитать по продольному микровинту. После первого отсчета стол с деталью переместить в продольном направлении на несколько шагов до совмещения с той же сплошной линией угломерной головки изображение стороны витка и сделать второй отсчет. Разность полученных отсчетов даст величину суммы шагов, измеренных по одной стороне. Произвести аналогичные измерения по другой стороне профиля резьбы (рис.6).

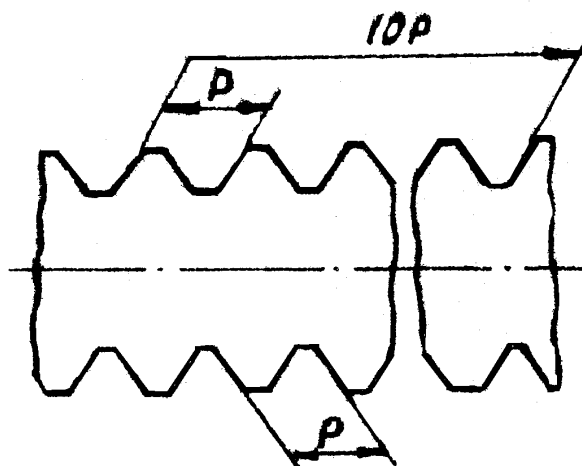


Рис. 6. Схема измерения шага резьбы

Действительным размером шага на данном участке будет среднеарифметическое из полученных результатов измерений по правым и левым сторонам профиля. Определить погрешность шага ΔP .

Измерение половины, угла профиля необходимо для того, чтобы можно было судить о наклоне профиля к оси резьбы. Для измерения углов на угломерной головке 7 инструментального микроскопа имеется окуляр 8 для отсчета угла поворота штриховой сетки. Под угломерным окуляром расположено зеркальце для подсветки угловой шкалы. Зеркальце настроить на посторонний источник света (лампа, окно) таким образом, чтобы угломерная шкала (рис. 7) в окуляре была освещена зеленым светом.

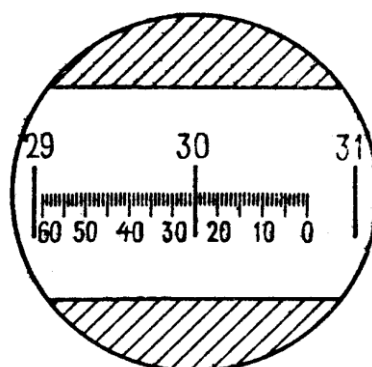


Рис. 7. Угломерная шкала инструментального микроскопа

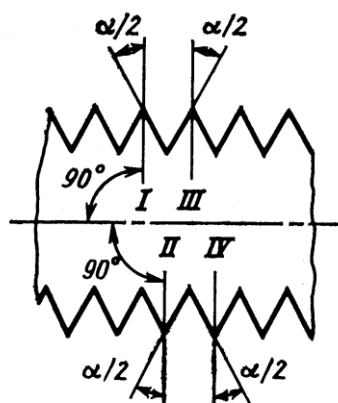


Рис. 8. Схема измерения половины угла профиля

При вращении штриховой сетки маховичком 10 в поле зрения угломерного окуляра перемещаются крупные штрихи-градусы, которые отсчитывают на минутной шкале минуты. На рис. 7 отсчет равен $30^{\circ}25'$. Таким образом, угол поворота штриховой сетки, наблюдаемый в центральном окуляре, измеряется угломерной шкалой в угломерном окуляре.

Повернув колонку на угол подъема резьбы, установить штриховую сетку в такое положение, чтобы на угломерной шкале было показание $0^{\circ}0'$. Совместить пунктирный штрих сетки с правой боковой поверхностью профиля резьбы (рис. 8). При этом необходимо вращать маховичок поворота штриховой сетки 10 инструментального микроскопа и пользоваться микровинтами перемещения стола. Сделав отсчет угла поворота штриховой сетки, пунктирный штрих совместить с левой стороной боковой поверхности профиля резьбы и опять снять отсчет угла поворота. При значениях, близких к 30° , действительные значения совпадают с показаниями угловой шкалы. При значениях, близких к 330° , действительные значения определяются как разность между 360° и показаниями угловой шкалы. Аналогичные измерения необходимо произвести с противоположной стороны профиля резьбы, не забыв повернуть колонку в противоположную сторону.

Действительные значения половин угла профиля (правого и левого) определяются как среднеарифметическое из результатов измерений, произведенных по соответствующей стороне профиля по формулам:

$$\frac{\alpha}{2}_{np} = \frac{\frac{\alpha}{2}_{np} + \frac{\alpha''}{2}_{np}}{2}; \quad \frac{\alpha}{2}_{лев} = \frac{\frac{\alpha}{2}_{лев} + \frac{\alpha''}{2}_{лев}}{2}, \quad (3.4)$$

Определить погрешность половины угла профиля как среднеарифметическое из абсолютных значений погрешностей

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{\left| \Delta \frac{\alpha}{2} n p + \Delta \frac{\alpha}{2} лев \right|}{2}, \quad (3.5)$$

где $\Delta \frac{\alpha}{2} n p = \frac{\alpha}{2} n p - 30^0$; $\Delta \frac{\alpha}{2} лев = \frac{\alpha}{2} лев - 30^0$.

Собственно средний диаметр резьбы измеряется с помощью микрометра. Три проволоочки вкладываются во впадины резьбы, как показано на рис.9.

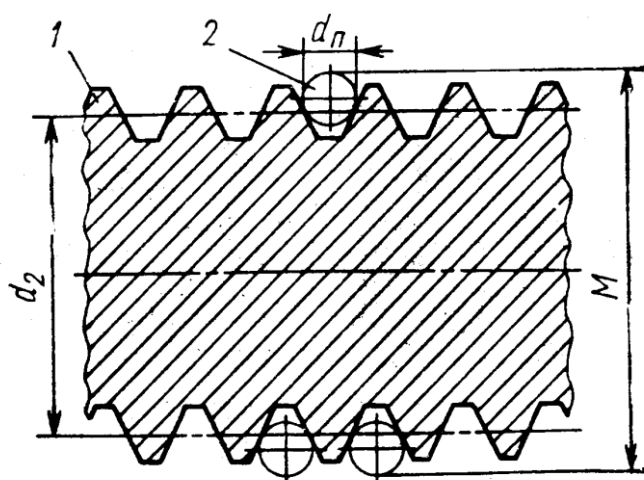


Рис. 9. Схема измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволочек

Размер М определяется по шкале микрометра.

Для устранения влияния погрешности угла профиля диаметр проволочек должен иметь наивыгоднейший размер, при котором проволочки касаются профиля резьбы по линии среднего диаметра.

Таблица 2

Шаг резьбы, мм	Наивыгоднейший диаметр проволочек, мм	Шаг резьбы, мм	Наивыгоднейший диаметр проволочек, мм	Шаг резьбы, мм	Наивыгоднейший диаметр проволочек, мм
0,20	0,118	0,70	0,402	2,50	1,441
0,25	0,142	0,75	0,433	3,00	1,732
0,30	0,170	0,80	0,461	3,50	2,020

0,35	0,201	1,00	0,572	4,00	2,311
0,40	0,232	1,25	0,724	4,50	2,595
0,45	0,260	1,50	0,866	5,00	2,886
0,50	0,291	1,75	1,008	5,50	3,177
0,60	0,343	2,00	1,157	6,00	3,468

Проверить установку микрометра на нуль.

Выбрать диаметр проволок $d_{\text{пров}}$ в зависимости от величины шага резьбы P по табл.2.

Заложить проволочки во впадины резьбы как показано на рис. 10 и определить размер M . При измерении необходимо следить, чтобы во впадины резьбы находились центральные части проволок, имеющие доведенную поверхность.

Определить средний диаметр резьбы d_2 по формуле

$$d_2 = M - 3d_{\text{пров}} + 0,866 P, \quad (3.6)$$

где d_2 — собственно средний диаметр резьбы, мм;

$d_{\text{пров}}$ — диаметр проволок, мм;

P — шаг резьбы, мм.

Определить приведенный средний диаметр резьбы $d_{2\text{пр}}$ по результатам измерения среднего диаметра d_2 и погрешности шага ΔP и $\Delta \frac{\alpha}{2}$.

$$d_{2\text{пр}} = d_2 + (1,732 \Delta P + 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2}) 10^{-3}, \quad (3.7)$$

где ΔP — погрешность шага резьбы на длине свинчивания, мкм;

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ — погрешность половины угла профиля, угл.мин.

Дать заключение о годности резьбового изделия путем сравнения результатов измерения со стандартными (см. прилож.3).

6. Контрольные вопросы

1. Какие основные отклонения предусмотрены для гаек по СТ СЭВ 640-77? Приведите пример условного обозначения гайки.

2. Какие основные отклонения предусмотрены для болтов по СТ СЭВ 640-77? Приведите пример условного обозначения болта.

3. Что такое приведенный диаметр резьбы? Приведите формулу.

4. Как осуществляется контроль среднего диаметра резьбы?

5. Из каких основных частей укрупненно состоит инструментальный микроскоп?

6. Какие перемещения имеет стол и при помощи чего осуществляется это перемещение?

7. Какие шкалы имеет микроскоп для измерения линейных размеров и углов, их устройство?

8. Изобразите схему измерения шага и половины угла профиля резьбы.

9. К какому методу измерения относятся измерения на инструментальном микроскопе (абсолютному, относительному, контактному, бесконтактному)?

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Лабораторная работа **ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ** **МИКРОСКОПЕ**

Результаты измерений

	Диам.	Диам.	Шаг	$\frac{1}{2}$ угла профиля
--	-------	-------	-----	----------------------------

	наружный	внутренний	1	2	Лев.	Прав.
1-й отсчет по шкале						
2-й отсчет по шкале						
Действит . размер						

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 **КОНТРОЛЬ КАЛИБРА-СКОБЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ** **КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ**

1. Цель работы:

- ознакомление с плоскопараллельными концевыми мерами длины и привитие навыков работы с ними;

- закрепление знаний по допускам и посадкам гладких цилиндрических изделий и калибров, привитие навыков работы со стандартами.

2. Введение в теорию

2.1. Назначение и конструкции калибров-скоб

Калибры — это бесшкальные контрольные инструменты, не определяющие числовое значение измеряемой величины, а предназначенные для разбраковки деталей на «годные» и «бракованные».

Наибольшее распространение получили предельные калибры, ограничивающие наибольший и наименьший предельные размеры детали.

Калибры являются основным средством контроля деталей, особенно в крупносерийном и массовом производстве.

Наиболее распространенными калибрами для валов являются скобы. Комплект для контроля деталей состоит из двух калибров: проходного и непроходного. Детали считаются годными, если проходной калибр свободно (под действием собственной массы) проходит, а непроходной калибр не проходит через контролируемый размер.

По конструкции калибры очень разнообразны, они бывают жесткие, регулируемые, двусторонние предельные, односторонние двухпредельные, листовые и штампованные. На рис. 1 показаны некоторые наиболее распространенные конструкции скоб.

Выбор конструктивной разновидности калибра обусловлен размерами, точностью и производительностью при контроле.

По назначению калибры делятся на две основные группы: рабочие калибры (проходные Р-ПР и непроходные Р-НЕ) и контрольные калибры (К-ПР, К-НЕ и К-И).

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей в процессе изготовления. Контрольные калибры служат для контроля или установки на размер рабочих калибров. Контрольные калибры К-И служат для контроля износа проходных скоб во время их эксплуатации.

Контрольные калибры выполняются в виде шайб. При свободном вхождении контрольной шайбы К-ПР или К-НЕ в проверяемую скобу размер этой скобы находится в пределах допуска. Вхождение шайбы К-И в проходную скобу указывает на то, что ее размер в результате износа превысил допустимый предел.

Для непроходных калибров (Р-НЕ), которые в процессе контроля изнашиваются незначительно, т.к. не перемещаются относительно годных деталей, контрольные калибры (К-И) не предусматриваются.

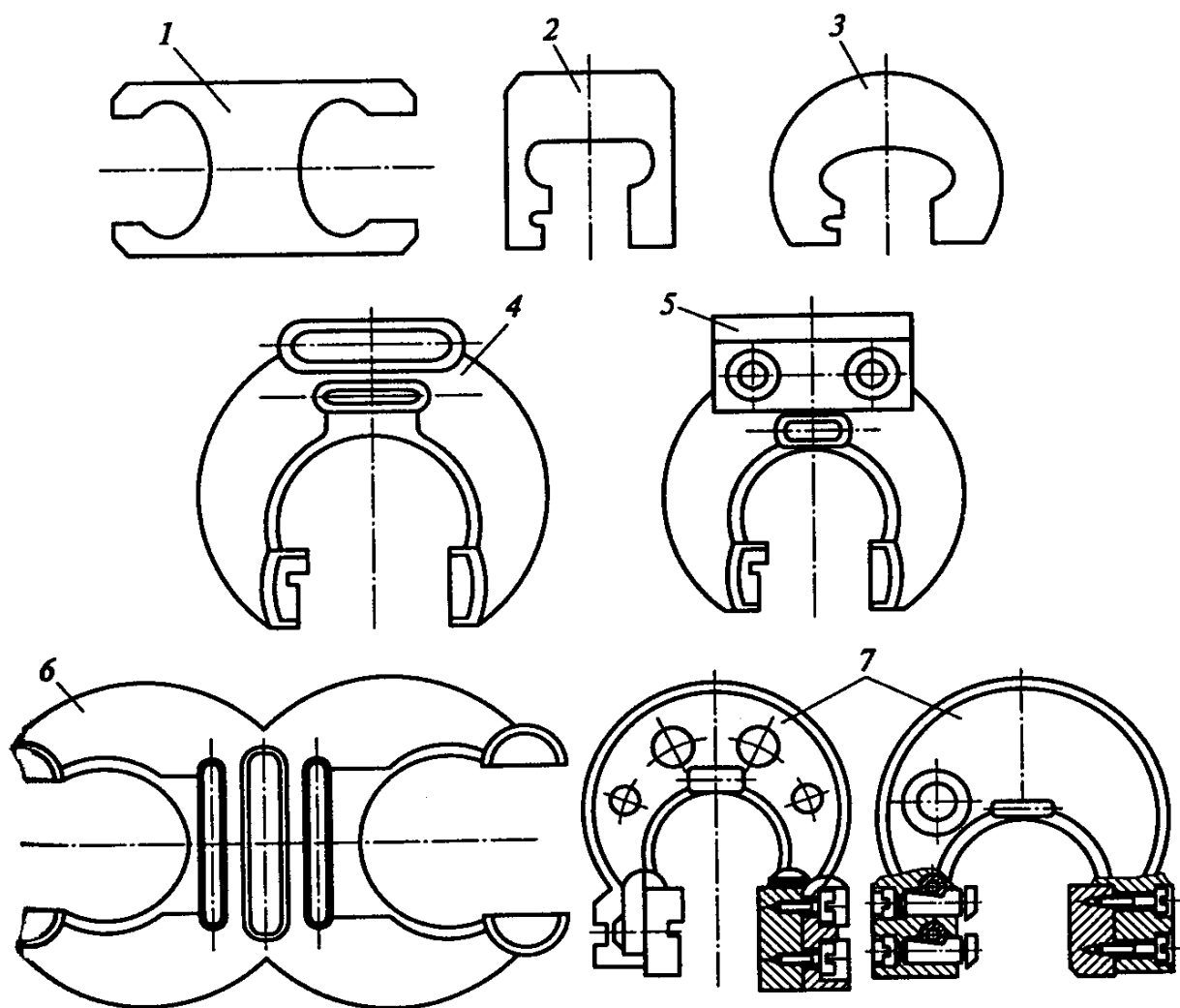


Рис.1. Основные виды калибров-скоб:

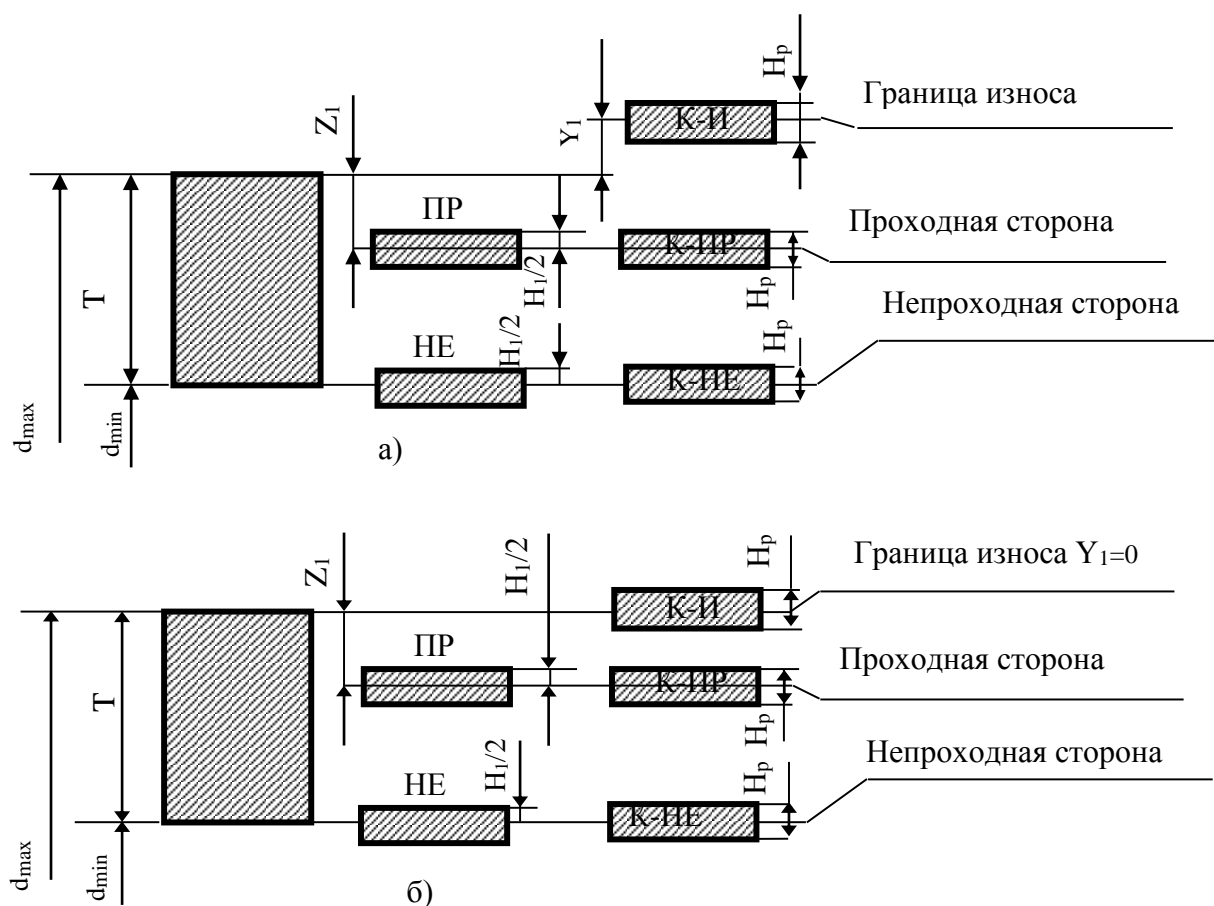
1 — листовые двухсторонние двухпредельные (1...50 мм); 2 — листовые прямоугольные односторонние двухпредельные (1...70 мм); 3 — листовые круглые односторонние двухпредельные (1...180 мм); 4 — штампованные односторонние двухпредельные (3...50 мм); 5 — штампованные односторонние двухпредельные с ручками (50...170 мм); 6 — штампованные двухсторонние двухпредельные (30...100 мм); 7 — регулируемые односторонние двухпредельные (до 330 мм) (в скобках указаны размеры контролируемых деталей)

2.2. Допуски калибров

Допуски и предельные отклонения гладких рабочих и контрольных калибров нормированы СТ СЭВ 157-75.

Валы и отверстия с допусками точнее шестого качества не рекомендуется проверять калибрами, т.к. при этом вносится большая

Схемы расположения полей допусков калибров для валов и контркалибров к ним для номинальных размеров до 180 мм приведены на рис.2.



б) для валов квалитетов от 9 до 17.

На схемах приняты следующие обозначения: T — допуск контролируемого вала, D_{\max} и D_{\min} — наибольший и наименьший размеры вала, H_1 — допуск на изготовление калибра для вала, H_p — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы, Z_1 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра относительно

наибольшего предельного размера вала, Y_1 — допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска вала.

Величины допусков на изготовление калибров и контркалибров, а также отклонения Z_1 , Y_1 зависят от качества точности контролируемой детали соответствующего размера и приводятся в таблицах СТ СЭВ 157-75.

На рабочих чертежах калибров проставляют исполнительные размеры. Исполнительный размер калибра должен иметь допуск в виде одного отклонения, направленного в тело калибра. Так, для калибров-скоб за исполнительный размер принимается наименьший предельный размер калибра (проходного и непроходного), а весь допуск располагается в плюс.

Для контркалибров (К-ПР, Е-НЕ и К-И) за исполнительные размеры, наоборот, принимаются наибольшие предельные размеры, а допуски располагаются целиком в минус, т.е. в материал изделия.

4. Порядок выполнения работы

Проверка скоб

Как указывалось выше, для проверки годности гладких скоб существуют контрольные калибры. При отсутствии готовых контрольных калибров их можно заменить блоком концевых мер, предварительно рассчитав размеры контрольных калибров: К-ПР, К-НЕ, К-И.

При подсчете необходимо брать среднее значение из наибольшего и наименьшего предельных размеров каждого контркалибра. По подсчитанным средним размерам контрольных калибров необходимо собрать соответствующие блоки концевых мер, округляя полученные значения до третьего знака после запятой.

Для контроля скобы блок концевых мер вводят между ее измерительными поверхностями. Измерительные поверхности скобы не должны иметь загрязнений, царапин, при вводе концевых мер следует избегать перекосов и применения больших усилий.

По блокам, соответствующим К-ПР и К-И, проверяют проходную сторону скобы, для годной скобы блок К-ПР должен входить между ее измерительными поверхностями свободно, а блок К-И должен быть непроходящим.

По блоку К-НЕ проверяют непроходную сторону скобы, которая является годной, если блок свободно, но без зазора, входит между ее измерительными поверхностями.

4.1. Получив задание от преподавателя, вычертить схему расположения полей допусков на вал (предельные отклонения по СТ СЭВ 144-75) на калибр-скобу и контркалибры (см. рис.2 и 3).

4.2. Рассчитать предельные и исполнительные размеры рабочего калибра (Р-ПР и Р-НЕ).

4.2.1. Проходной скобы:

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1/2,$$

$$ПР_{\max} = ПР_{\min} + H_1.$$

4.2.2. Непроходной скобы:

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - H_1/2,$$

$$НЕ_{\max} = НЕ_{\min} + H_1.$$

4.2.3. Изношенный размер проходной скобы:

$$ПР_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1.$$

4.3. Рассчитать средние размеры контркалибров (К-ПР, К-НЕ, К-И).

4.3.1. Проходного:

$$К-ПР = d_{\max} - Z_1.$$

4.3.2. Непроходного:

$$К-НЕ = d_{\min}.$$

4.3.3. Изношенного:

$$КИ = d_{\max} + Y_1.$$

4.4. Рассчитать и составить блоки концевых мер, соответствующих К-ПР, К-НЕ, К-И.

4.5. Произвести контроль калибра-скобы (проходной и непроходной стороны) и дать заключение о годности.

4.6. Отчет составить по форме (см. прил.4)

5. Контрольные вопросы

1. Как определить годность детали с помощью предельного калибра?
2. Какие валы относятся к группе «брак исправимый»?
3. Какие валы относятся к группе «брак неисправимый»?
4. Для чего служит скоба Р-ПР?
5. Для чего служит скоба Р-НЕ?
6. Для чего служит калибр К-ПР?
7. Для чего служит калибр К-НЕ?
8. Для чего служит калибр К-И?
9. Как назначается исполнительный размер на скобу?

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Лабораторная работа **КОНТРОЛЬ КАЛИБРА-СКОБЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ** **КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ**

Обозначение размера вала с допуском	Квалитет точности	Система	Размер вала с отклонениями, мм
125 и 8	8	СА	125 $\begin{smallmatrix} +0,233 \\ +0,170 \end{smallmatrix}$

Схема расположения допусков рабочих и контрольных калибров		Предельные размеры рабочих калибров		Средние размеры контрольных калибров	
		Р-ПР _{нб} 125,230		К-ПР 123,224	
		Р-ПР _{нм} 125,218			
		Р-ПР _{исп} 125,218 ^{+0,012}		К-НЕ 125,170	
		Р-НЕ _{нб} 125,176			
		Р-НЕ _{нм} 125,164		К-И 125,239	
		Р-НЕ _{исп} 125,164 ^{+0,012}			
Наименование блока	Размеры концевых мер блока, мм				
	1	2	3	4	5
К-ПР	1,004	1,22	3	20	100
К-НЕ	1,17	4,0	20	100	
К-И	1,009	1,23	3	20	100
Заключение о годности калибра					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ КАЛИБРА-ПРОБКИ С ПОМОЩЬЮ ОПТИМЕТРА

1. Цель работы:

- привить практические навыки работы на оптиметре;
- закрепить знания по допускам и посадкам гладких цилиндрических деталей и калибров;
- привить навыки работы со стандартами.

2. Введение в теорию

2.1. Назначение, конструкции и допуски калибров-пробок

Для контроля отверстий не точнее 6 качества в серийном и массовом производстве широко используют калибры-пробки. Комплект для контроля отверстий состоит из двух калибров: проходного и непроходного. Отверстие считается годным, если проходная пробка свободно (под действием собственного веса) проходит, а непроходная пробка не проходит через контролируемый размер.

Калибры для контроля отверстий состоят из ручки и контролирующей вставки или насадки. Для контроля отверстий малых размеров применяют цилиндрические вставки (проволочки), для отверстий больших размеров используют вставки с коническим хвостовиком, насадки, неполные пробки. Калибры-пробки бывают односторонние однопредельные, двухсторонние, односторонние двухпредельные. На рисунке 1 показаны некоторые наиболее распространенные конструкции пробок. Контролируются сами калибры-пробки с помощью универсальных измерительных приборов, контрольных калибров для пробок не предусматривается.

Допуски и предельные отклонения калибров-пробок нормированы СТ СЭВ 157-75. Кроме допуска на изготовление калибра для проходных пробок устанавливается допуск на износ, ограничивающий максимальный износ пробки в процессе эксплуатации

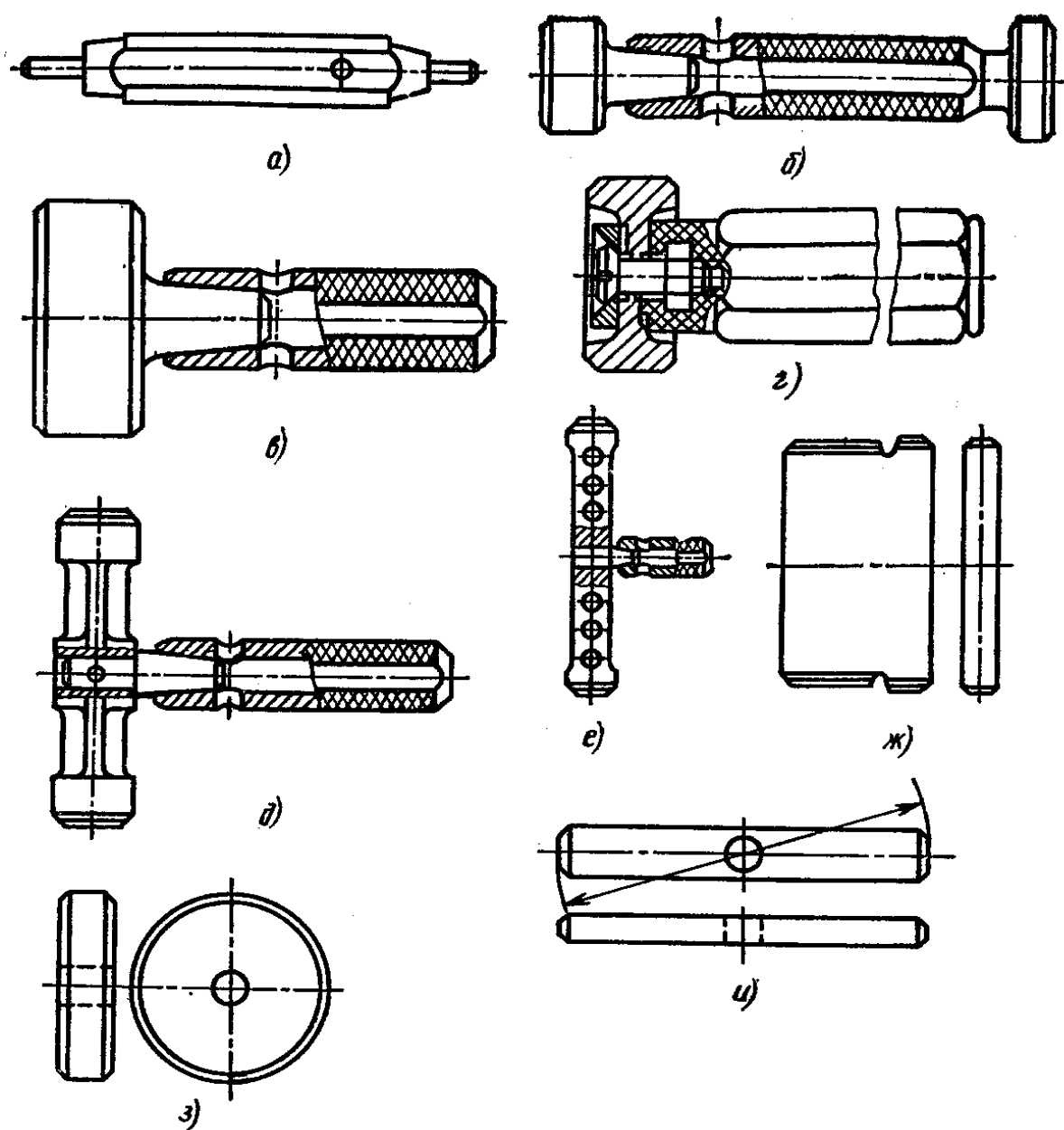


Рисунок 1. Основные типы калибров-пробок для контроля отверстий и контрольные калибры к скобам:

а – пробка двусторонняя со вставками ($D_{\text{НОМ}} = 1...6$ мм); б – пробка двусторонняя со вставками ($D_{\text{НОМ}} = 3...50$ мм); в – пробка проходная (непроходная) со вставками ($D_{\text{НОМ}} = 52...75$ мм); г – пробка штампованная проходная (непроходная) с насадками ($D_{\text{НОМ}} = 52...100$ мм); д — пробка проходная (непроходная) неполная штампованная ($D_{\text{НОМ}} = 102$ (75)...160 мм); е - пробка проходная (непроходная) неполная ($D_{\text{НОМ}} = 102$ (75)...300 мм); ж) — контрольный калибр к скобам.

Схемы расположения полей допусков калибров-пробок для номинальных размеров до 180 мм приведены на рисунке 2.

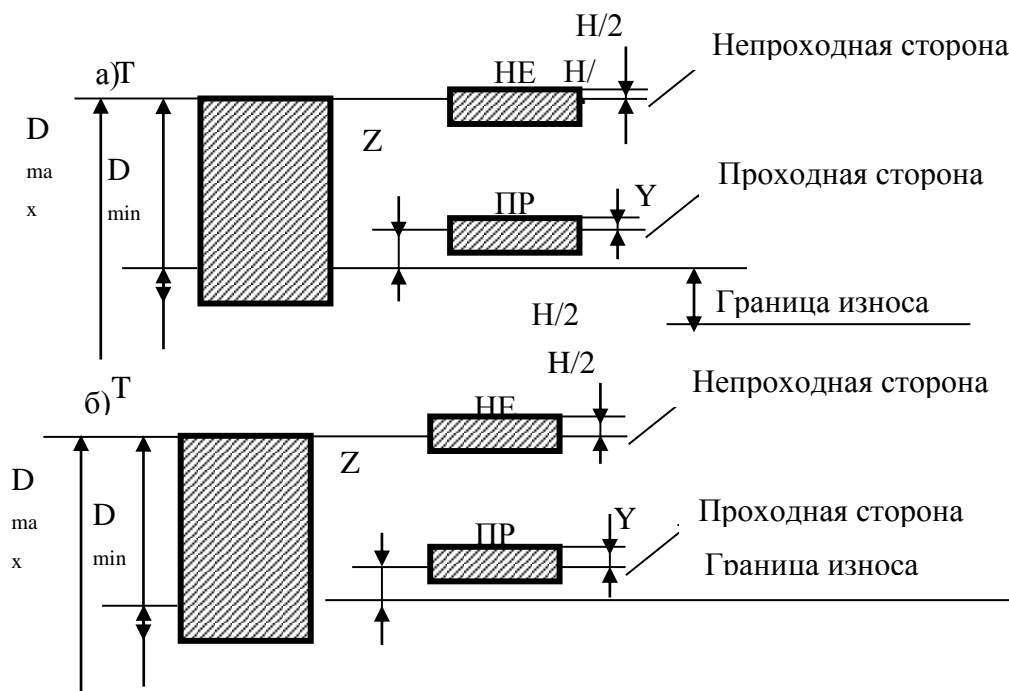


Рис.2. Расположение полей допусков рабочих (ПР и НЕ)
калибров-пробок для контроля отверстий размерами до 180 мм
а) для отверстий квалитетов 6,7,8;
б) для отверстий квалитетов с 9 по 17

На схемах приняты следующие обозначения: T – допуск контролируемого отверстия, D_{\max} и D_{\min} – наибольший и наименьший размеры отверстия, H – допуск на изготовление калибра для отверстия, Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-пробки относительно наименьшего предельного размера отверстия, Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска отверстия. Величины допусков на изготовление калибров-пробок и отклонения: Z , Y , H , зависящие от качества точности контролируемого отверстия соответствующего размера, приводятся в таблицах СТ СЭВ 157-75.

За исполнительный размер калибра-пробки, проставленный на рабочих чертежах калибров, принимается наибольший предельный размер

пробки (проходной или непроходной) минус допуск на изготовление калибра.

Размеры рабочих и контрольных пробок измеряют универсальными приборами, например, оптиметрами.

3. Оборудование.

3.1. Описание прибора.

Оптиметры относятся к рычажно-оптическим приборам, которые основаны на применении наряду с механическим так называемого оптического рычага.

Вертикальный оптиметр служит для измерения наружных размеров относительным методом или методом сравнения с мерой.

Техническая характеристика прибора

- цена деления шкалы	- 0,001 мм;
- диапазон показаний	- +0,1 мм;
- диапазон измерений длин	- 0–180 мм;
- диапазон измерений диаметров	- 0–150 мм;
- величина измерительного усилия	- 200+20гс.

Измерительной головкой оптиметра является трубка оптиметра 2 (рисунок 3). На рисунке 4 показана принципиальная схема устройства трубки оптиметра. Пучок лучей внешнего источника света А направляется зеркалом 3 в щель, находящуюся в корпусе трубки, и проходит через шкалу, нанесенную на прозрачную пластину 4. Расходящийся поток лучей входит в призму 5 полного внутреннего отражения и, отразившись от нее под углом 90^0 , попадает в объектив 6. Объектив превращает расходящийся пучок лучей в пучок параллельных лучей, падающих на зеркало 7. Зеркало 7 прижимается пружиной к измерительному стержню 9, который поворачивает зеркало вокруг оси, проходящей через ось шарика 8 на некоторый угол. Таким образом, пучок параллельных лучей падает на зеркало под углом α к перпендикуляру зеркала. Отраженный от зеркала пучок параллельных лучей, проходя через объектив, превращается в сходящийся пучок лучей, который дает изображение шкалы в фокальной плоскости объектива. Изображение шкалы будет смещено относительно самой шкалы. Смещение шкалы будет изменяться при изменении угла поворота зеркала, т.е. при изменении размера измеряемой детали. При перемещении измерительного стержня на 1 мкм изображение шкалы сместится по отношению к неподвижному указателю на одно деление. С учетом увеличения объектива окуляра передаточное отношение оптиметра равно 960.

3.2. Измерение на вертикальном оптиметре

По маркировке на калибре-пробке или по результату предварительного измерения с помощью штангенциркуля или микрометра определяют номинальный или приблизительный действительный размер пробки и, учитывая пределы измерения по шкале прибора, подбирают размер блока концевых мер, по которому оптиметр настраивается на нуль. В случае необходимости за нуль может быть принята любая (не только нулевая) отметка на шкале прибора.

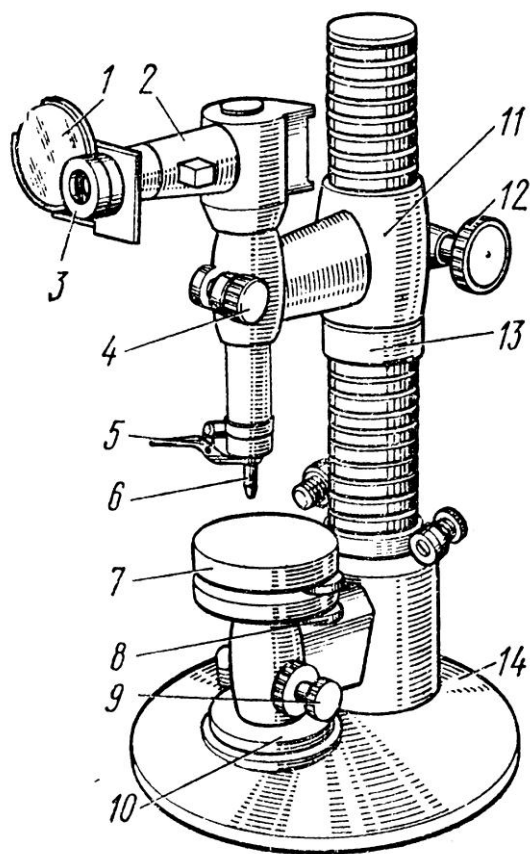


Рис.3 Вертикальный

Для установки прибора на нуль блок концевых мер нижней измерительной плоскостью притирается к столику оптиметра 7 (рисунок 3). Зеркалом 1 направляют свет в осветительную щель. Отстопорив винт 12, вращением гайки 13 плавно без ударов опускают кронштейн 11 с трубкой оптиметра до соприкосновения измерительного наконечника 6 с верхней плоскостью блока. Постепенным вращением гайки 13 доводят изображение шкалы до положения, когда нулевой штрих ее устанавливается примерно против неподвижного указателя. Затем

кронштейн закрепляется в этом положении винтом 12. окончательная установка на нуль производится вращением гайки 10 при отстопоренном винте 9. После установки на нуль винтом 9 закрепляют столик в данном положении. Нулевую установку необходимо проверить, приподнимая и опуская несколько раз наконечник арретиром 5, если после арретирования шкала не возвратится в исходное положение, окончательную установку на нуль необходимо повторить. Окончательно установив шкалу на нуль, подняв арретиром наконечник 6, убирают со столика блок концевых мер и заменяют его объектом измерения (пробкой).

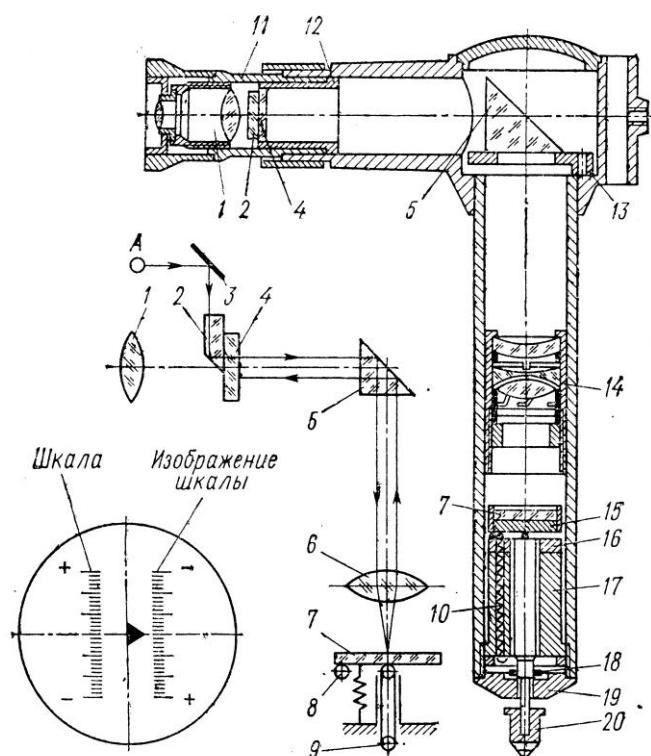


Рис.4. Схема устройства трубки оптиметра

По смещению нулевого штриха шкалы относительно неподвижного указателя судят об отклонении измеряемого размера от размера блока концевых мер. Величина отклонения может иметь как положительный, так и отрицательный знак. Во избежание перекоса пробку следует плотно прижимать к столику и, слегка прокатывая ее под наконечником, следить за движением шкалы. Наибольшее показание будет соответствовать размеру диаметра. Действительный размер диаметра будет равен сумме размера блока и показаний прибора с учетом знака этого показания.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Внести в бланк отчета (см. прил. 5) маркировку калибра-пробки, которая отражает номинальный размер контролируемого отверстия.

4.2. Построить схему расположения полей допусков на отверстие и калибр-пробку, пользуясь таблицами СТ СЭВ 144-75, СТ СЭВ 157-75 и рисунками 2 и 3, заменив все обозначения на схеме числовыми значениями из таблиц (см. прил. 5).

4.3. Подсчитать предельные размеры калибра-пробки (наибольший, наименьший и изношенный).

4.4. Настроить прибор (оптиметр) на нуль по блоку концевых мер, соответствующему номинальному размеру.

4.5. После настройки прибора удалить блок концевых мер, измерить пробку в трех сечениях по длине и двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис.5). Измерять в крайних сечениях а и в на расстоянии 2-4 мм от края. Результаты показаний занести в бланк отчета (см. прил.5).

4.6. После измерения калибра проверить настройку прибора по блоку концевых мер. Определить среднее значение показаний настройки перед и после измерений.

4.7. По результатам показаний определить величину овальности и конусообразности пробки.

4.8. Определить наибольший и наименьший размеры калибра по результатам измерений, с учетом действительного размера блока концевых мер по аттестату и погрешности настройки.

4.9. Дать заключение о годности калибра, сравнив действительные размеры калибра, полученные измерением, с предельными размерами по стандарту.

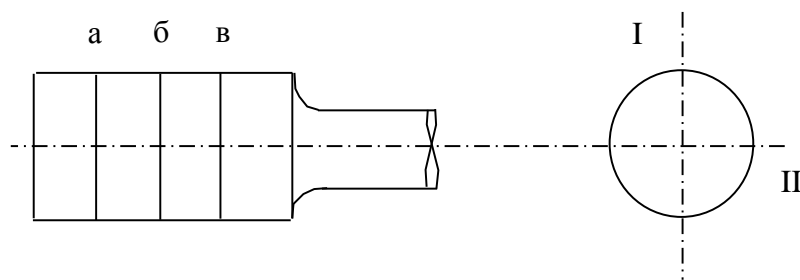


Рис.5.

5. Содержание отчета:

5.1. Находим предельные отклонения отверстия и определяем наименьший и наибольшие размеры: D_{\min} и D_{\max}

1. По СТ СЭВ 144-75 находим предельные отклонения отверстия и определяем наименьший и наибольший размеры отверстия: D_{\min} и D_{\max} .

2. По СТ СЭВ 157-75 определяем данные для расчета калибра-пробки: H , Z , Y .

3. Определяем наибольший и наименьший размеры калибра

3.1. Проходного калибра:

$$ПР_{max} = D_{min} + Z + \frac{H}{2} ,$$

$$ПР_{min} = ПР_{max} - H .$$

3.2. Непроходного калибра:

$$НЕ_{max} = D_{max} - \frac{H}{2}$$

$$НЕ_{min} = НЕ_{max} - H .$$

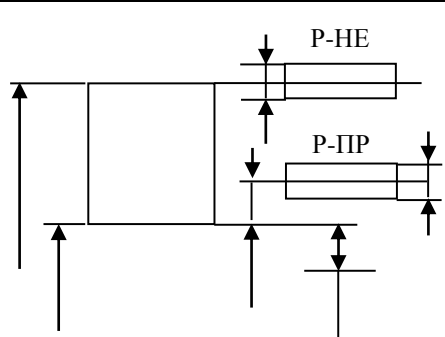
3.3. Изношенный размер проходной пробки:

$$ПР_{изн} = D_{min} - Y$$

6. Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана конструкция оптиметра?
2. Каким методом производится измерение на оптиметре?
3. Как производится установка на нуль оптиметра?
4. С помощью каких деталей производится предварительная установка шкалы вертикального оптиметра на нуль (рис.3)?
5. Какое показание прибора соответствует диаметру при измерении деталей на оптиметре?
6. Укажите на рис.3 номера позиций: трубки оптиметра, кронштейна, столика, зажимного винта столика, гайки столика.
7. Укажите на рис. 3 номера позиций: зеркала, зажимного винта кронштейна, зажимного винта столика, гайки столика.
8. Укажите на рис. 3 номера позиций: измерительного наконечника, зажимного винта кронштейна, зажимного винта столика, арретира.
9. Каков диапазон измерений на приборе?
10. Каков диапазон показаний прибора, чему равна цена деления прибора?
11. Как определить годность детали с помощью калибра-пробки?
12. Какие отверстия относят к группе «брак исправимый»?
13. Какие отверстия относят к группе «брак неисправимый»?
14. Для чего служит пробка Р-ПР?
15. Для чего служит пробка Р-НЕ?
16. Как контролируются калибры-пробки при изготовлении и эксплуатации?
17. Как назначается исполнительный размер на пробку?
18. Применяются ли для контроля калибров-пробок контрольные калибры?

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Обозначение калибра		Система	Отверстия	Размер оотверстия с отклонениями	
		Квалитет			
Схема расположения полей допусков			Предельные размеры калибра по СТ СЭВ 157-75		
			Наибольший		
			Наименьший		
			Изношенный		
Действительный размер блока плиток	Показания оптиметра при настройке		Показания оптиметра при проверке настройки после измерений		Среднеарифметическое значение настройки прибора

Показания оптиметра при измерении калибра (отсчеты по шкале)	Сечения	Пояса		
		а	б	в
	I			
	II			

Результаты измерений калибра	Наибольший		Овальность	
	Наименьший		Конусность	
Заключение о годности калибра	Калибр-пробка годен для измерений			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ МАЛОМ ЧИСЛЕ ОПЫТОВ

Производительность вибробункера определяется по формуле:

$$Q = \left(\frac{V \times 60}{\ell} \right) K_3, \text{ шт/мин}, \quad (6.1)$$

где V – скорость перемещения деталей по вибробункеру;

ℓ - размер детали, мм;

K_3 - коэффициент разгрузки лотка.

1. Цель работы

Определение коэффициента загрузки лотка вибробункера и зависимости его производительности от величины напряжения, подаваемого на электромагнит.

2. Порядок выполнения

Ознакомиться с конструкцией вибробункера.

Определить производительность вибробункера при напряжении U – 160, 180, 200, 220, 240 В. Для этого загрузить детали в лоток, включить его и определить, сколько деталей сойдет с лотка течение одной минуты. При каждом напряжении произвести по пять замеров. Результаты занести в таблицу.

Определить скорость перемещения деталей по лотку вибробункера при тех же величинах напряжения. Для этого установить деталь по риске на лотке (100 мм от края лотка), включить, дать соответствующее напряжение и засечь время прохождения детали. Рассчитать и записать в таблицу (см. прилож. 6). Произвести по 5 замеров.

По данным таблицы произвести расчеты и заполнить колонки

Построить график зависимости производительности вибробункера от изменений напряжения в цепи электромагнита.

Используя данные таблицы, рассчитать коэффициенты загрузки лотка вибробункера при каждом значении напряжения.

Формулы для расчета:

$$\chi = \frac{\sum X}{n}, \quad (6.2)$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{\chi})^2}{n}}, \quad (6.3)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Лабораторная работа МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ МАЛОМ ЧИСЛЕ ОПЫТОВ

№ п/ п	U, В	Q, шт/ми н	Q	ΔQ	S_Q	V, м/с	V	ΔV	S_V	K_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	160									
2	180									
3	200									
4	220									
5	140									

Литература

1. Кувшинский Б.В. Основы автоматизации технологических процессов в машиностроении. Машгиз 1962г.
2. Повидало В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей. Машгиз 1962г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ БОЛЬШОМ ЧИСЛЕ

1.Цель работы: изучение метода оценки результатов эксперимента при большом числе опытов.

2.Оборудование:

Компаратор

3.Введение в теорию

4.Порядок выполнения работы

По заданию преподавателя произвести 50 измерений.

Полученные результаты систематизировать в порядке от наименьшего α_{\min} до наибольшего α_{\max} .

Интервал между наибольшим и наименьшим значениями делят на участки. Число участков должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. В нашем случае число участков принимаем равным 7.

Далее определяем ширину участка h . Разность между α_{\max} и α_{\min} делят на число участков и полученный результат округляют до целого в большую сторону.

Например: $\alpha_{\max} = 10,102$ мм; $\alpha_{\min} = 9,963$ мм.

$$h = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{7} = \frac{10,102 - 9,963}{7} = \frac{0,139}{7} = 0,0199$$

Округляем это значение в большую сторону до 0,020; $h = 0,020$ мм.

Затем определяем границы участков.

Для первого участка наименьшее граничное значение равно:

$$\alpha_{\min} - \frac{\text{единица измерения}}{2} = 9,963 - \frac{0,001}{2} = 9,963 - 0,0005 = 9,9625 \text{ мм.}$$

Прибавив к этому значение ширину участка, найдем наибольшее граничное значение для первого участка:

$$9,9625 + 0,020 = 9,9825 \text{ мм.}$$

Это же значение является наименьшим граничным значением для второго участка, а наибольшее:

$$9,9825 + 0,020 = 10,0025 \text{ мм.}$$

Аналогично определяем все участки и данные заносим в табл. 1.

Таблица 1

Интервал участка, мм	Центральное значение, мм	Частота
9,9625-9,9825	9,9725 и т.д.	
9,9825-10,0025		
10,0025-10,0225		
10,0225-10,0425		
10,0425-10,0625		
10,0625-10,0825		
10,0825-10,1025		

Определяем центральное значение для каждого участка:

$$\frac{9,9625 + 9,9825}{2} = 9,9725 .$$

Для каждого участка определяем величину f_0 . Это частота результатов, измерений, приходящихся на каждый участок. $\sum f = 50$.

После заполнения табл. 1 строится гистограмма. Для этого по оси абсцисс откладывают значения параметров качества, по оси ординат – частоту. Для каждого участка строят прямоугольный столбик с основанием, равным ширине интервала участка, высота его соответствует частоте попадания данных в этот участок.

Если все работы выполнены тщательно, то получим гистограмму с двухсторонней симметрией (нормальное распределение). Она указывает на стабильность процесса.

Заполняем табл. 2.

Таблица 2

№ интервала	Интервал	Среднее значение	Частота f	U	U*f	U ² *f
			$\sum f =$		$\sum Uf =$	$\sum U^2 f =$

Определяем значения для столбца U. Для этого положим, что U=0 на участке, где f – максимально. В сторону уменьшения (вверх) откладываем значения –1, –2, –3 и т.д. Вниз в сторону уменьшения – значения 1, 2, 3 ... Среднее значение участка, для которого U=0, обозначают через X_0 .

Следующий столбец заполняем значениями произведения U*f.

Последний – значениями произведения U²*f.

Среднее значение X наносят на гистограмму.

Стандартное отклонение S определяют по формуле:

$$S = h \cdot \sqrt{\frac{\sum U^2 \cdot f - \frac{(\sum U \cdot f)^2}{\sum f}}{\sum f - 1}}, \quad (7.1)$$

Далее определяем показатель мощности процесса C_p . Для этого определяем границы разброса.:

- нижняя граница: $S_{\alpha \min} = \alpha_{\min} - S$;
- верхняя граница: $S_{\alpha \max} = \alpha_{\max} + S$.
-

$$C_p = \frac{S_{\alpha \max} - S_{\alpha \min}}{6 \cdot S}, \quad (7.2)$$

Оценка мощности процесса производится следующим образом.

1. Если $C_p > 1,67$, ширина интервала между контрольными нормативами не менее, чем в 10 раз превышает стандартное отклонение S . Разброс параметров не велик, появление брака не угрожает, т.е. процесс сверхточен и дорогостоящ. Необходимо его упрощение.

2. $1,67 > C_p > 1,33$. Идеальное состояние процесса.

3. $1,33 > C_p > 1,00$. Ширина интервала между контрольными нормативами в 6-8 раз превышает стандартное отклонение S . Вероятность появления брака составляет 0,27%. Необходимо усилить контроль за процессом и провести мероприятия по улучшению его состояния.

4. $1,00 > C_p > 0,67$. Вероятность появления брака составляет 4,56%. Процесс неудовлетворителен. Необходимо принять немедленные меры по улучшению состояния процесса.

5. $0,67 > C_p$. Процесс неконтролируем.

Выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШТРИХОВОЙ МЕРЫ ДЛИНЫ (ЛИНЕЙКИ) С ПОМОЩЬЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОМПАРАТОРА

1. Цель работы

- ознакомление с устройством, метрологическими характеристиками горизонтального компаратора ИЗА-2;
- привитие навыков работы на нем.

2. Описание конструкции горизонтального компаратора

Прибор предназначен для абсолютных линейных измерений, в частности, может быть использован для измерения размеров между штрихами спектральных линий спектрограмм, оценки точности различных шкал, сеток и т.д.

Линейные размеры на приборе измеряются сравнением измеряемого размера со штриховой линейной шкалой 2 прибора (рис.4) при помощи двух микроскопов, расстояние между которыми всегда постоянно, а оптические оси параллельны. Один микроскоп 12 (вертикальный) служит для наведения на точку или штрих измеряемого объекта, второй 16 предназначен для выполнения отсчетов.

Прибор имеет массивное основание 1 С-образной формы. Приливы на основании позволяют устанавливать прибор горизонтально и для удобства работы на нем под углом 45^0 . В нижней части основания жестко закреплена цилиндрическая направляющая 2, по которой перемещается стол 3 прибора. В верхней части основания расположена траверса, на которой укреплены два микроскопа 12 и 16. Хромированный экран 5 предотвращает траверсу от нагревания. Измеряемый объект и шкала освещаются с помощью двух зеркал 6 (рис.5), расположенных на основании прибора под подвижным столиком.

Грубая установка стола производится от руки, для чего предварительно освобождается стопорный винт 7, тонкая подача осуществляется микрометрическим винтом 8.

Для правильной установки измеряемого объекта служит линейка 9, с помощью которой можно перемещать объект перпендикулярно к оси измерения и поворачивать его на небольшой угол. Температурный режим компаратора контролируется с помощью термометра 10.

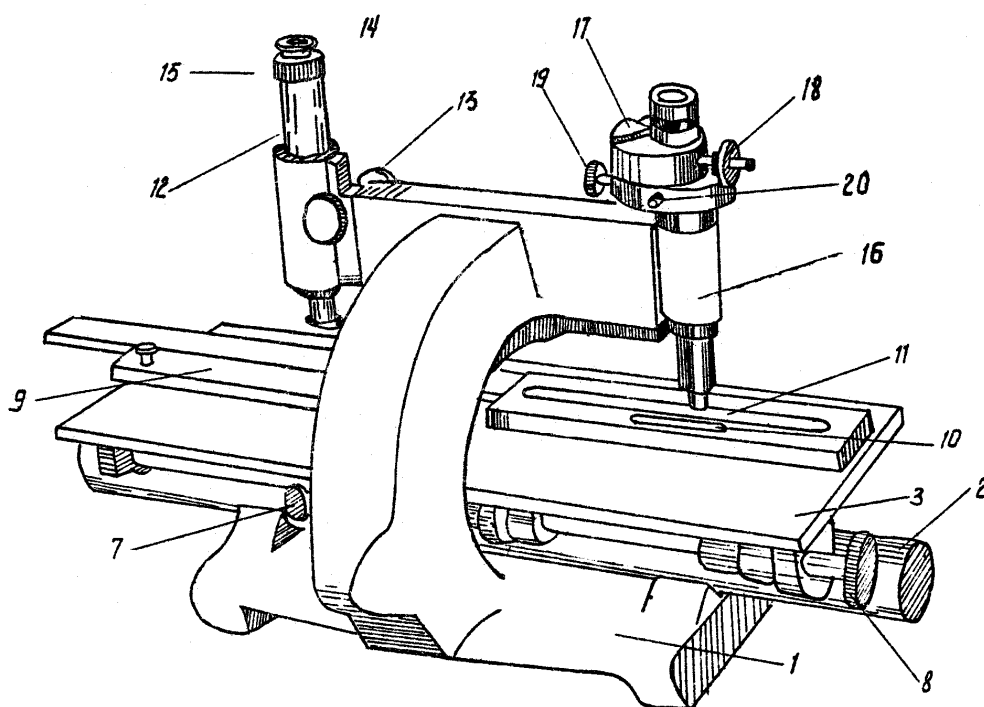


Рис.1. Общий вид горизонтального компаратора

Отсчетный микроскоп 16 со спиральным окулярным микрометром неподвижно укреплен на правом конце траверсы. Наводят витки спирали на штрихи шкалы прибора с помощью маховичка 18. Чтобы при первом отсчете установить шкалу на целое число, окулярный микрометр можно перемещать в направлении движения стола прибора вращением маховичка 19, предварительно отстопорив винт 20.

Фокусируется визирный микроскоп при наводке на штрих объекта маховичками 13. Окуляр 14 визирного микроскопа выдвигной, для закрепления его в тубусе служит стопорный винт 15.

Подробное описание устройства спирального окулярного микрометра см. в п. 3 лабораторной работы 1.

Компаратор имеет следующие метрологические характеристики:

диапазон измерений — 0-200 мм;

диапазон показаний — 0-200 мм;

цена деления спирального окулярного микрометра — 0,001 мм.

3. Измерение на горизонтальном компараторе

Измеряемый объект (штриховая линейка) устанавливается на столе прибора так, чтобы линия измерения была параллельна ходу стола. Для этого перемещают сначала объект с помощью линейки 9 перпендикулярно по линии измерения до тех пор, пока штрихи не появятся в поле зрения

микроскопа. Затем, перемещая стол, наблюдают нет ли перекоса линии измерения объекта относительно хода стола. Поворачивая с помощью линейки объект, исключают имеющийся перекося. Кроме того, необходимо проверить сохраняется ли одинаковая резкость изображения по всей длине измеряемого объекта. Обычно это обеспечивается параллельностью верхней и нижней плоскостей объекта.

Установив таким образом объект измерения, вводят его начальный штрих и биссектор визирного микроскопа перемещением стола с помощью микровинта 8 и делают отсчет по спиральному окулярному микрометру (см. п.4 лабораторной работы 1 и рис.2). Записав отсчет, перемещением стола вводят второй штрих измеряемого объекта в биссектор визирного микроскопа и вновь отсчитывают по отсчетному микрометру. Разность отсчетов дает длину измеряемого участка.

4. Порядок выполнения работы

- 4.1. Изучить устройство и работу компаратора.
- 4.2. Отрегулировать с помощью зеркал освещение.
- 4.3. Установить визирный микроскоп на один из штрихов проверяемого участка линейки.
- 4.4. Снять показание отсчетного микроскопа (отсчет 1-й).
- 4.5. Перемещая стол, установить визирный микроскоп на соседний штрих и снять показание с отсчетного микроскопа (2-й отсчет). Отсчеты снимаются с четырьмя знаками после запятой.
- 4.6. Подсчитать расстояние между штрихами как разность первого и второго отсчетов.
- 4.7. Повторить измерение каждого участка 3 раза.
- 4.8. Подсчитать для каждого участка среднее расстояние между штрихами и определить отклонение его от номинального значения (при измерении расстояний между миллиметровыми штрихами линейки номинальным значением является размер в 1 мм).
- 4.9. Результаты измерения внести в таблицу (прил.2).

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Чему равен диапазон измерения на компараторе ИЗА-2?
- 5.2. Чему равна цена деления шкалы прибора ИЗА-2?
- 5.3. Чему равна цена деления спирального окулярного микрометра?
- 5.4. Для каких целей предназначен визирный микроскоп компаратора?
- 5.5. Назовите основные части горизонтального компаратора ИЗА-2.
- 5.6. Укажите на рис. 4, 5 номера позиций: цилиндрической направляющей, визирного микроскопа, зеркал.

5.7. Укажите на рис. 4 номера позиций: подвижного стола, отсчетного микроскопа, микровинта перемещения стола.

5.8. Укажите на рис. 4 номера позиций: стопорного винта стола, микровинта, термометра, аттестованной миллиметровой шкалы.

5.9. Укажите на рис. 4 номера позиций: линейки перемещения объекта, зеркал, визирного микроскопа, хромированного экрана, маховичка перемещения визирного микроскопа.

5.10. Укажите на рис. 4 номера позиций: окуляра визирного микроскопа, маховичка наводки отсчетного микроскопа, спирального окулярного микрометра.

5.11. Каково назначение хромированного экрана?

5.12. Контролируется или нет температурный режим измерения на компараторе ИЗА-2?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗУБОРЕЗНОГО ДОЛБЯКА

Задание 1. Измерение длины общей нормали долбяка.

Задание 2. Измерение параметров зуба (высота, ширина).

Задание 3. Расчет калибра-пробки для контроля внутреннего диаметра долбяка.

Задание 1. Измерение длины общей нормали долбяка.

1.1. Измерить штангенциркулем наружный диаметр d_a долбяка и определить его модуль, округлив полученное значение до ближайшего стандартного:

$$m = \frac{d_a}{z + 2}, \quad (10.1)$$

где z – число зубьев долбяка.

1.2. Определить число зубьев n , охватываемых при измерении:

$$n = 0,11 \cdot z + 0,5, \quad (10.2)$$

Полученное число n округлить до ближайшего целого числа.

1.3. Определить число зубьев n , охватываемых при измерении:

$$n = 0,11 \cdot z + 0,5, \quad (1.3)$$

Полученное число n округлить до ближайшего целого числа.

1.4. Рассчитать номинальную длину общей нормали W долбяка с углом зацепления 20° :

$$W = m[1,476(2 \cdot n - 1) + 0,014 \cdot z], \quad (1.4)$$

где m – модуль зубчатого колеса;

z – число зубьев колеса;

n – число зубьев, охватываемых при измерении.

1.5. Собрать блок из концевых мер длины по расчетному номинальному размеру длины общей нормали. Установить нормалемер на размер W , а измерительную индикаторную головку на нуль.

Длиной общей нормали W называется расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям А и В зубьев колеса (рис. 1.1.). Общая

нормаль к эвольвентным профилям является одновременно касательной к основной окружности.

Индикаторный нормалемер для измерения общей нормали предназначается как для контроля колебания толщины зубьев по общей нормали, так и для измерения сравнительным методом отклонений от номинального размера общей нормали.

Прибор (рис. 1.2.) состоит из круглой штанги 4, на которой помещается разрезная втулка 3 с неподвижной измерительной губкой 6. Чувствительная измерительная губка 7 при нажиме на кнопку арретира 2 перемещается параллельно самой себе и передает свое перемещение (при измерении) через угловой рычаг на индикатор 1, который закрепляется в державке.

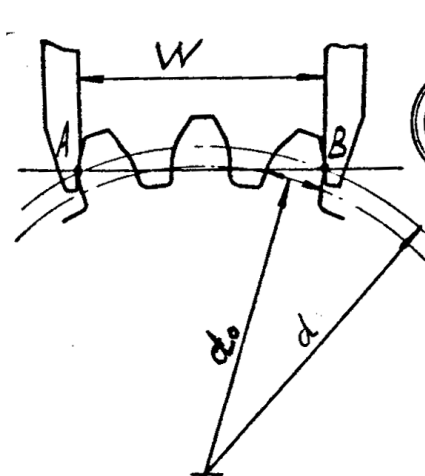


Рис. 1.1

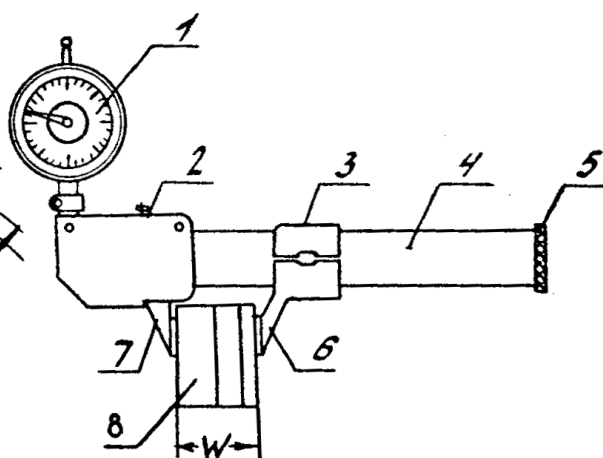


Рис. 1.2

Разрезная втулка выполнена таким образом, что в свободном состоянии она самозажимается на штанге. Перемещение втулки с губкой возможно только с помощью ключа 5, который своим выступом вводится в гнездо разрезной втулки и при повороте разжимает втулку, давая возможность перемещать ее вдоль штанги.

Ключ 5 помещается в отверстие штанги, где удерживается своей пружинящей частью.

При использовании прибора необходимо прежде всего тщательно протереть измерительные поверхности губок и закрепить индикатор в державке.

Затем установить с помощью ключа подвижную губку в положение контакта с блоком плиток так, чтобы стрелка индикатора находилась примерно в начале второго оборота, выставить шкалу индикатора на нуль, нажимая на кнопку арретира, повторно проверить нулевое положение.

Вынув блок плиток, установить прибор на группу зубьев измеряемого колеса – индикатор покажет отклонение от размера в плюс при движении стрелки отсчета целых оборотов в сторону увеличения или в минус – при движении этой же стрелки к нулю.

1.6. Произвести измерение длины общей нормали по каждому зубу долбяка, избегая перекосов и покачивая нормалемер, найти положение с наименьшим отсчетом. Полученные отклонения A_w занести в отчетный бланк.

1.7. Зная верхнее отклонение $A_{w_{me}}$ и допуск T_{w_m} , построить схему расположения поля допуска средней длины общей нормали.

1.8. Сравнить отклонения средней длины общей нормали, полученные в результате измерений, с расчетными. Дать заключение о годности долбяка по проверяемому параметру.

Годным считается такой долбяк, у которого средняя длина общей нормали не выходит за пределы расчетных.

Задание 2. Измерение параметров зуба (высота, ширина).

2.1. Настроить штангензубомер на размер S и на размер h (рис. 2)

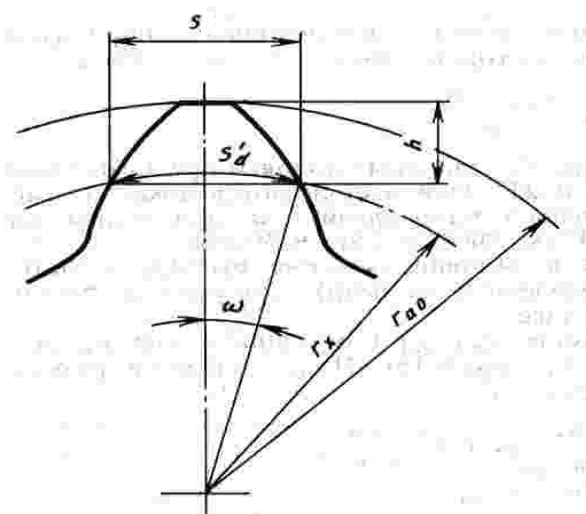


Рис. 2. Измерение параметров зуба

В штангензубомере (рис.3) устройство для измерения толщины и высоты зуба аналогично штангенциркулю и состоит из неподвижной 1 и подвижной 2 губок. Последняя установлена на рамке 3. С помощью нониуса 4 на шкале 5 отсчитывают значение толщины зуба (см. чертеж). А с помощью нониуса 8 на шкале 7 отсчитывают значение высоты зуба (см.

чертеж). В штангензубомере имеются микропередачи 9, как и в штангенциркулях.

Установить штангензубомер на каждый зуб измеряемого долбяка. Проверить наличие зазора между вершиной зуба и упором 6 штангензубомера.

2.2. При наличии зазора следует измерить высоту зуба, опустив упор 6 на вершину зуба винтом микропередачи 9. Снять показание по шкале 7. Полученные результаты занести в отчетный бланк.

2.3. Определить годность зуборезного долбяка по измеряемому параметру. Годным считается такой долбяк, у которого на каждом зубе отсутствует зазор (просвет) между вершиной зуба и упором 6 штангензубомера.

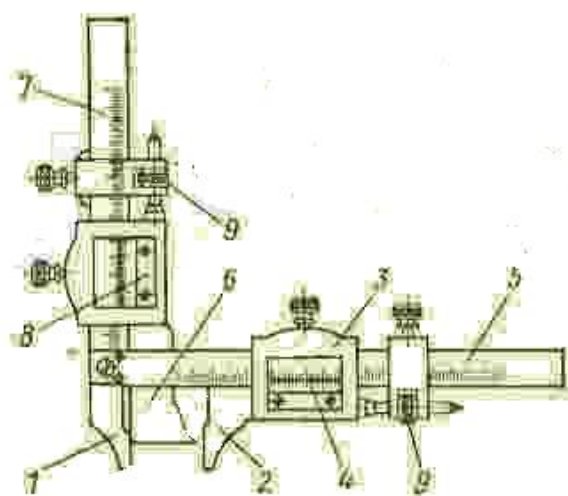


Рис.3. Штангензубомер

Задание 3. Расчет калибра-пробки для контроля внутреннего диаметра долбяка.

3.1. По СТ СЭВ 144-75 находим предельные отклонения отверстия и определяем наименьший и наибольший размеры отверстия: D_{\min} и D_{\max} .

3.2. Определяем наибольший и наименьший размеры калибра

3.2.1. Проходного калибра:

$$ПР_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2},$$

$$ПР_{\min} = ПР_{\max} - H.$$

3.2.2. Непроходного калибра:

$$НЕ_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2}$$

$$НЕ_{\min} = НЕ_{\max} - H.$$

3.2.3. Изношенный размер проходной пробки:

$$ПР_{изн} = D_{min} - Y$$

3.3. Результаты занести в отчетный бланк

На схемах (рис.4) приняты следующие обозначения: D_{max} и D_{min} – наибольший и наименьший размеры отверстия, H – допуск на изготовление калибра для отверстия, Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-пробки относительно наименьшего предельного размера отверстия, Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска отверстия. Величины допусков на изготовление калибров-пробок и отклонения. За исполнительный размер калибра-пробки, проставленный на рабочих чертежах калибров, применяется наибольший предельный размер пробки (проходной или непроходной), и весь допуск на изготовление калибра располагается в минус.

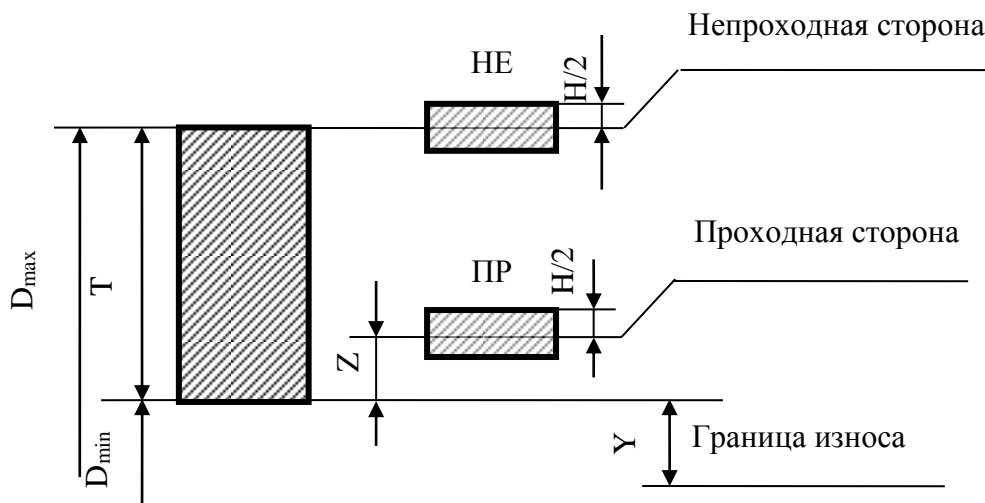


Рис. 4

Лабораторная работа
ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗУБОРЕЗНОГО ДОЛБЯКА

Задание 1. Измерение длины общей нормали долбяка												
Параметры детали		Предельные отклонения и допуск длины общей нормали										
Число зубьев	Z =	Верхнее отклонение $A_{W_{me}}$, МКМ				Допуск T_{W_m} , МКМ						
Наружный диаметр, мм	D =											
Модуль, мм	m =	<p align="center">Схема расположения поля допуска нормали</p>										
Расчетные данные												
Число зубьев в растворе мерительных губок	n =											
Длина общей нормали, мм	W =											
Результаты измерений длины общей нормали зубчатого колеса A_W												
№№ замеров	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Отклонения от номинальной величины												
№№ замеров	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Отклонения от номинальной величины												
Заключение о годности												
Задание 2. Измерение параметров зуба (высота, ширина)												
Расчетные данные		Результаты измерения высоты, мм										
		№ зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина зуба, мм	S =	Величина										
		№ зуба	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Высота зуба, мм	h =	Величина										
Заклучение о годности												
Задание 3. Расчет калибра-пробки для контроля внутреннего диаметра долбяка												
Обозначение калибра		Система	Отверстия		Размер отверстия с отклонениями							
		Квалитет										
Схема расположения полей допусков			Предельные размеры калибра по СТ СЭВ 157-75									

		ПР	НЕ
	Наибольший		
	Наименьший		
	Изношенный		

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

1. ЦЕЛЬ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ПОСАДОК

Цель – обучение студентов работе со стандартами и приобретение навыков работы в качестве конструктора, который разрабатывает конструкцию узла и, зная характер сопряжения и номинальный размер, должен выбрать стандартную посадку.

Задания приведены в приложении и выбираются согласно заданному варианту.

Чтобы выбрать стандартную посадку, необходимо соблюдать следующие правила:

1. Точность отверстия, как правило, не должна быть выше точности вала;
2. Точность вала не должна превышать точности отверстия больше, чем на 2 квалитета;
3. Действительные значения зазоров и натягов не должны отличаться от необходимых больше, чем на 20%.

ВЫБОР ПОСАДОК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ВЫБОР ПОСАДКИ С ЗАЗОРОМ

Исходные данные: номинальный размер соединения 20 мм;

наибольший зазор 0,060 мм;

наименьший зазор 0,018 мм.

1. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.47, т.1/ выбираем предпочтительную посадку с зазором, ближайшую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазоры $S_{\max} = 62$ мкм, $S_{\min} = 20$ мкм

соответствуют посадке $\varnothing 20 \frac{H7}{f7}$, где H7 – точность изготовления отверстия; f7 – точность изготовления вала.

2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.27, т.1/ определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 20 H7 (^{0,021})$: верхнее отклонение $ES = 21$ мкм;

нижнее отклонение EI=0 мкм.

- для вала $\varnothing 20 f7$ ($\begin{smallmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{smallmatrix}$): верхнее отклонение es=20 мкм;
нижнее отклонение ei=41 мкм.

3. Посадку изображаем графически

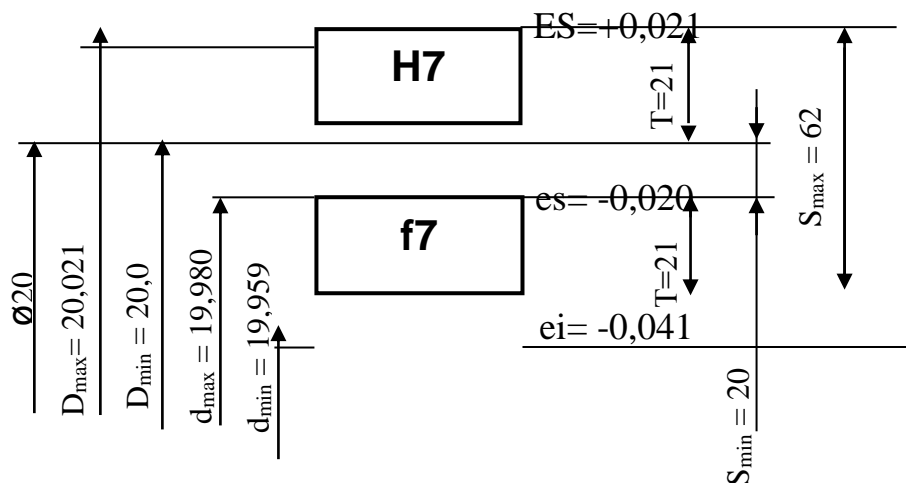


Рисунок 1. Посадка цилиндрического соединения с зазором

4. Определяем для выбранной посадки $\varnothing 20 \begin{smallmatrix} H7 \\ f7 \end{smallmatrix}$ предельные размеры отверстия и вала, величину допуска и величины зазоров (наибольший и наименьший).

Отверстие: наибольший диаметр 20,021 мм
наименьший диаметр 20 мм
допуск 0,021 мм

Вал: наибольший диаметр 19,980 мм
наименьший диаметр 19,959 мм
допуск 0,021 мм

Наибольший возможный зазор 0,062 мм (задан 0,060 мм)

Наименьший возможный зазор 0,020 мм (задан 0,018 мм)

Выбранная посадка соответствует заданному условию.

2. ВЫБОР ПОСАДКИ С НАТЯГОМ

Исходные данные: номинальный размер соединения 18 мм
наибольший натяг 0,030 мм

наименьший натяг

0,010 мм

1. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.49, т.1/ выбираем предпочтительную посадку с натягом, близжающую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазоры $N_{\max} = 31$ мкм, $N_{\min} = 12$ мкм

соответствуют посадке $\varnothing 18 \text{ H}6$, где H6 – точность изготовления отверстия;

r5 – точность изготовления вала.

2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.27, т.1/ определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 18 \text{ H}6$ (0,011): верхнее отклонение $ES = 11$ мкм;
нижнее отклонение $EI = 0$ мкм.

- для вала $\varnothing 18 \text{ r}5$ ($^{+0,023}_{+0,023}$): верхнее отклонение $es = 31$ мкм;
нижнее отклонение $ei = 23$ мкм.

4. Посадку изображаем графически

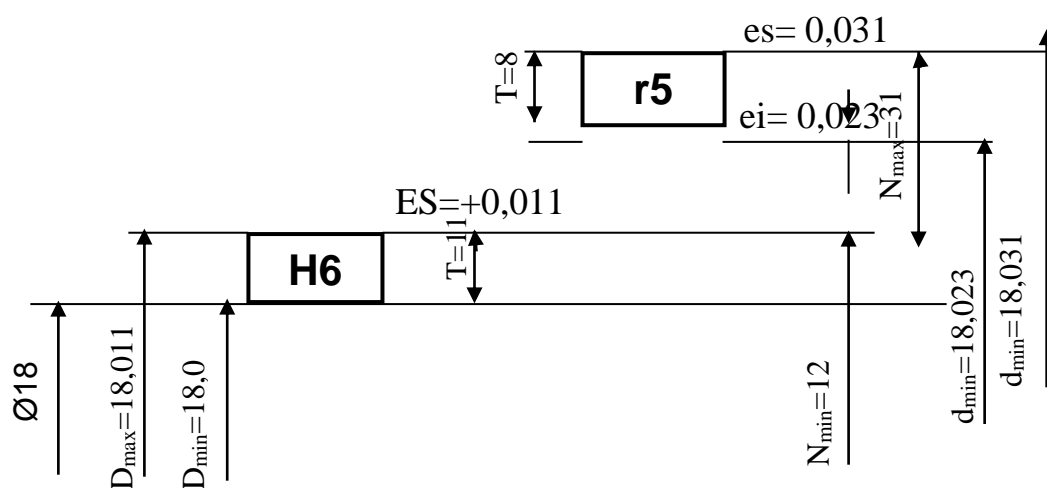


Рисунок 1. Посадка цилиндрического соединения с натягом

5. Определяем для выбранной посадки предельные размеры отверстия и вала, величину допуска и величину натягов.

Отверстие: наибольший диаметр 18,011 мм
наименьший диаметр 18 мм
допуск 0,011 мм

Вал: наибольший диаметр 18,031 мм
наименьший диаметр 18,023 мм
допуск 0,008 мм

Наибольший натяг 0,031 мм (задан 0,030 мм)

Наименьший натяг 0,012 мм (задан 0,010 мм)

Выбранная посадка соответствует заданному условию.

3. ВЫБОР ПЕРЕХОДНОЙ ПОСАДКИ

Исходные данные: номинальный размер соединения 20 мм;

наибольший натяг +0,030 мм;

наибольший зазор -0,005 мм.

1. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.48, т.1/ выбираем предпочтительную переходную посадку, ближайшую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазор $S = 6$ мкм и натяг $N = 28$ мкм

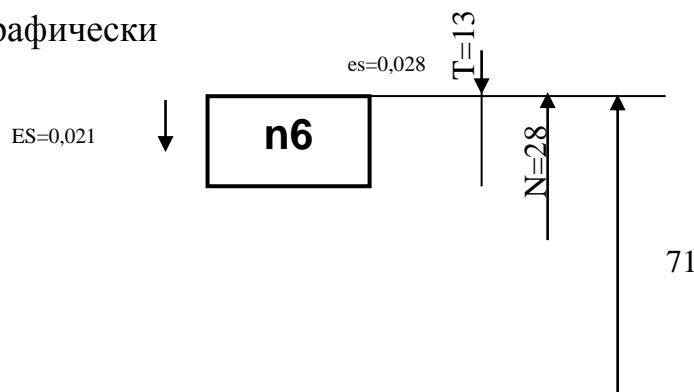
$\frac{H7}{n6}$
соответствуют посадке $\varnothing 20 \frac{H7}{n6}$, где H7 – точность изготовления отверстия, n6 – точность изготовления вала.

2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 /табл. 1.27, т.1/ определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 20 H7$ ($^{0,021}_{0,028}$): верхнее отклонение $ES = 21$ мкм;
нижнее отклонение $EI = 0$ мкм.

$\frac{0,028}{0,015}$
- для вала $\varnothing 20 n6$ ($^{0,028}_{0,015}$): верхнее отклонение $es = 28$ мкм;
нижнее отклонение $ei = 15$ мкм.

3. Посадку изображаем графически



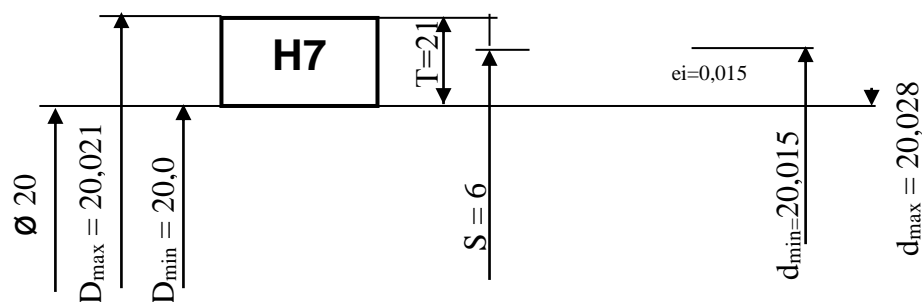


Рисунок 2. Переходная посадка цилиндрического соединения

4. Определяем для выбранной посадки $\varnothing 20 \frac{H7}{s6}$ предельные размеры.
 Отверстие: наибольший диаметр 20,021 мм
 Наименьший диаметр 20 мм
 Допуск 0,021 мм

Вал: наибольший диаметр 20,028 мм
 Наименьший диаметр 20,015 мм
 Допуск 0,013 мм

Выбранная посадка соответствует заданному условию.
 Наибольший возможный зазор 0,006 мм (задан 0,005 мм)
 Наибольший возможный натяг 0,028 мм (задан 0,030 мм)

4. ВЫБОР ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

ГОСТ 520-89 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» устанавливает пять классов точности подшипников 0, 6, 5, 4 и 2 /перечень классов точности дан в порядке повышения точности/. Установлены дополнительные 8-й и 7-й классы точности подшипников ниже нулевого класса точности для применения в несоответственных узлах по заказу потребителей.

Точность размеров подшипника определяется допускаемыми отклонениями диаметра отверстия и ширины для внутреннего кольца /dm, B/ и отклонениями наружного диаметра для наружного кольца /Dm/.

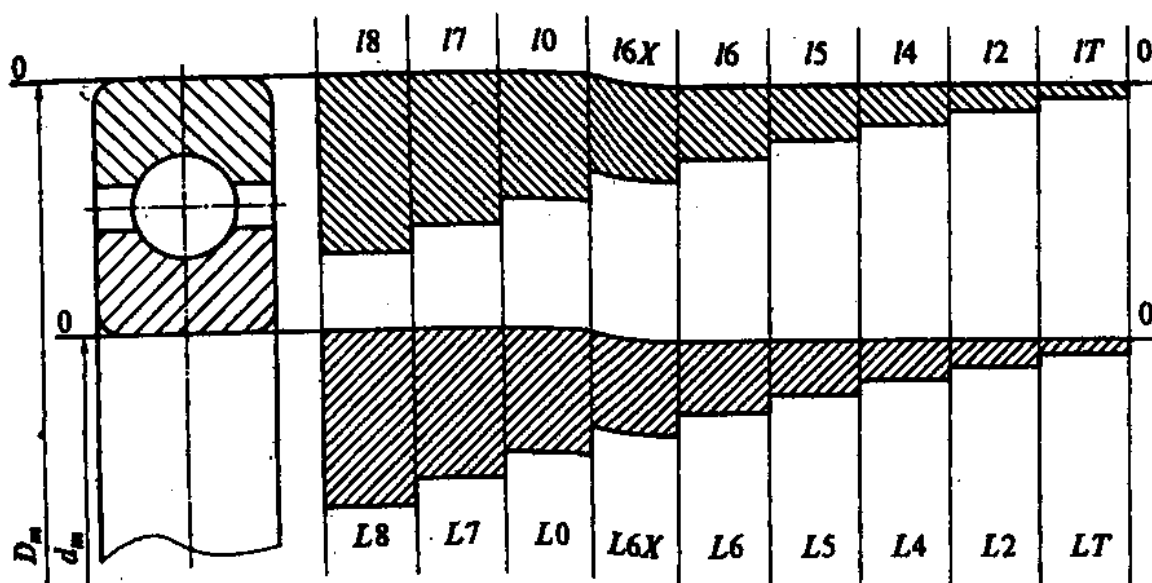


Рис. 3. Шариковый однорядный подшипник качения:

а – конструкция; б – схема расположения полей допусков по классам точности на средние наружный диаметр наружного кольца и внутренний диаметр внутреннего кольца подшипников качения.

Для сокращения номенклатуры кольца подшипников изготавливают с отклонениями размеров, не зависящими от посадки, по которой они будут монтироваться, причем эти отклонения направлены в «минус» от нулевой линии.

Посадки внутреннего кольца подшипника на вал осуществляют по системе отверстия, а наружного кольца в корпус – по системе вала, причем расположение поля допускает внутреннего кольца в «минус», позволяет получить посадки с гарантированным натягом, используя для валов поля допусков переходных посадок /m, n, k, js/.

В зависимости от характера требуемого соединения поля допусков валов выбирают по системе основного отверстия /табл. 1.1/, а поля допусков отверстий выбирают по системе основного вала /табл. 1.2/

Таблица 1.1

Класс точности подшипника	Поле допуска вала
0; 6	n 6; m 6; k 6; js 6; h 6; g 6;
4, 5	n 5; m 5; k 5; js 5; h 5; g 5; f 7
2	n 4; m 4; k 4; js 4; h 4; g 4;

Таблица 1.2

Класс точности подшипника	Поле допуска отверстия
0; 6	N 7; M 7; K 7; Js 7; H 7; G 7; F 7;

	P 7
4, 5	N 6; M 6; K 6; J _s 6; H 6; G 6;
2	N 5; M 5; K 5; J _s 5; H 5; G 5;

Выбор посадки колец подшипника определяется характером его нагружения /местное, циркуляционное, колебательное/, зависящим от того, вращается или не вращается кольцо относительно действующей на него нагрузки.

Если кольцо воспринимает радиальную нагрузку, постоянную по направлению, лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса, то такой характер нагружения кольца называется местным. Местно-нагруженные (М) кольца должны иметь соединение с зазором или незначительный натяг между кольцом и сопрягаемой деталью.

Если кольцо воспринимает радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения и передает ее последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса, то такой характер нагружения кольца называется циркуляционным. Циркуляционно-нагруженные (Ц) кольца должны иметь неподвижное соединение с сопрягаемой деталью.

Если кольцо воспринимает равнодействующую двух радиальных нагрузок /постоянной по направлению и вращающейся/ ограниченным участком окружности дорожки, то такой характер нагружения кольца называется колебательным. Колебательно-нагруженные (К) кольца должны иметь плотно-подвижное соединение.

При местном нагружении кольца посадки подшипника на вал и в корпус выбирают по табл. 4.1, а при колебательном нагружении кольца – по табл. 4.2

При циркулярном нагружении колец подшипников посадки на вал и корпус выбирают по табл. 4.3 предварительно определив величину P_R – интенсивность радиальной нагрузки по формуле

$$P_R = \frac{R}{b} \cdot K_n, \quad (1.1)$$

где R – радиальная реакция опоры;
 b – ширина кольца подшипника, мм;
 K_n – динамический коэффициент посадки (табл. 4.4)

2. Пример выбора посадок колец подшипника

Исходные данные: наружный диаметр подшипника	D	90 мм
Внутренний диаметр подшипника	d	50 мм
Ширина подшипника	b	20 мм
Вид нагрузки - спокойная		
Класс точности подшипника	6	
Радиальная нагрузка	P_R	22 кН
Вид нагружения внутреннего кольца - колебательное		
Вид нагружения наружного кольца - циркуляционное		

2.1. В соответствии с классом точности подшипника определяем по СТ СЭВ 774-77 /табл. 4.82.- 4.83., 2/ отклонения колец подшипника:

- внутреннего $dm = 50^{(0)}_{-0.01}$;

- наружного $Dm = 90^{(0)}_{-0.013}$.

2.2. Для наружного кольца подшипника, имеющего вид нагружения – циркуляционное определяем интенсивность радиальной нагрузки P_R .

$$P_R = \frac{R}{B} Kn = \frac{22}{20} 1 = 1.1 \frac{\text{кН}}{\text{мм}} = 1100 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} , \quad (1.2)$$

где K_n – динамический коэффициент посадки (табл. 4.4)

2.3. В соответствии с видом нагружения внутреннего кольца (колебательное), подшипника выбираем посадку внутреннего кольца подшипника на вал – d50k (табл. 4.2)

2.4. В соответствии с классом точности подшипника определяем квалитет посадки – d50k6 (табл. 1.1)

2.5. В соответствии с видом нагружения наружного кольца (циркуляционное), значению интенсивности нагрузки P_R выбираем посадку наружного кольца подшипника в корпус – D90N (табл. 4.7)

2.6. В соответствии с классом точности подшипника определяем квалитет посадки наружного кольца – D90N7 (табл. 1.2)

2.7. В соответствии со СТ СЭВ 144-75 назначаем отклонения поверхностей сопрягаемых с подшипником :

- вала $d = 50k6^{(0.018)}_{0.002}$; (табл. 1.29., 1)

- отверстия $D = 90N7^{(-0.010)}_{-0.045}$. (табл. 1.37., 1)

2.8. Строим схему расположения полей допусков для посадки внутреннего и наружного колец подшипника (Рисунок 4, а, б).

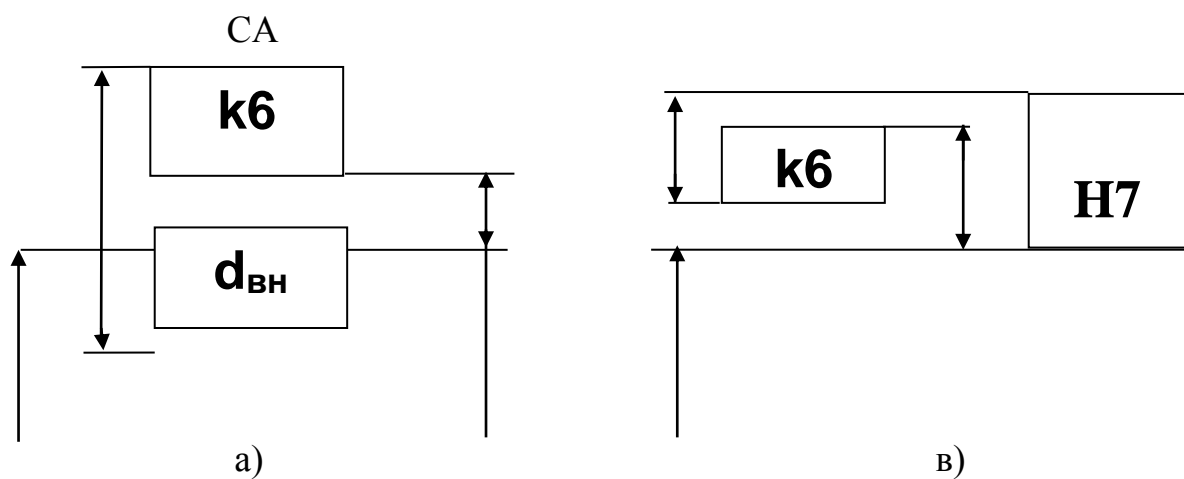


Рисунок 4

Схема расположения полей допусков для посадки внутреннего и наружного колец подшипника

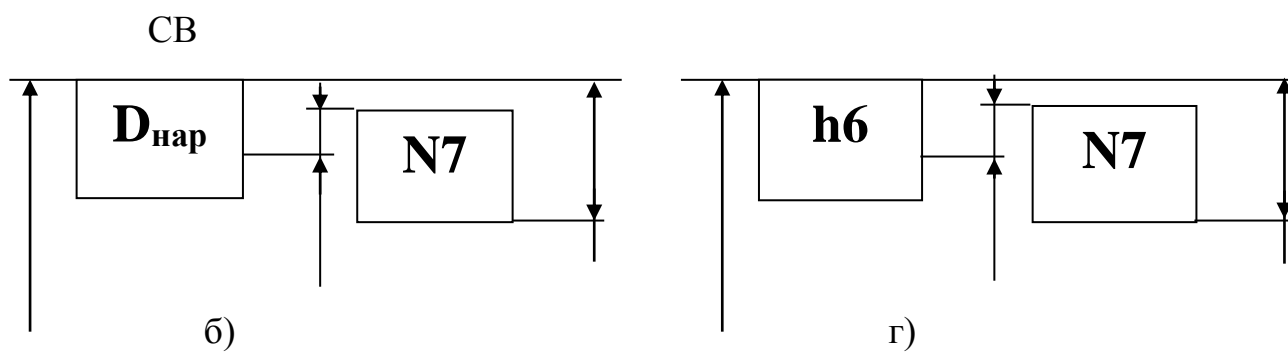


Рисунок 5

Схема расположения полей допусков для гладких цилиндрических соединений

2.9 Для сравнения посадок подшипников и посадок гладких цилиндрических соединений строим схему расположения полей допусков гладких цилиндрических соединений для посадок (Рисунок 5 в, г).

$$\begin{array}{c} 50 \frac{H7(0.025)}{k6(0.018)} \\ \varnothing \end{array} \quad \text{и} \quad \begin{array}{c} 90 \frac{N7(-0.010)}{h6(-0.022)} \\ \varnothing \end{array} \quad (1.3)$$

Вывод:

1. ВЫПОЛНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

На формате А4 выполнить чертеж «Посадки подшипника качения», изобразив на нем в масштабе подшипниковый узел в сборе с обозначением посадок внутреннего кольца на вал и наружного кольца в корпус, а также сделать эскизы корпуса и вала с обозначением точности размеров, геометрической формы и шероховатости поверхностей, сопрягаемых с подшипником качения.

Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов при осуществлении посадок не должна превышать величин, указанных в таблице 1.5

Таблица 1.1

Вид нагружения – местное (М)

Размеры посадочных диаметров, мм		Посадки	
свыше	до	на вал (ось)	в корпус
Нагрузка спокойная			
-	80	h	H
80	260	g	G
260	500	f	P
500	1600		
Нагрузка с ударами и вибрацией			
-	80	h	J _s
80	260		
260	500	g	H
500	1600		

Таблица 1.2

Вид нагружения – колебательное (К)

Размеры посадочных диаметров, мм		Посадки колец	
свыше	до	Внутренних	наружных
-	80	k	K
80	260	j _s	J _s
260	-	h	

Таблица 1.4
Коэффициент динамичности

Характер нагрузки	Кп
Нагрузка спокойная	1,0
Нагрузка с ударами и вибрацией	1,8

Таблица 1.5
Параметр шероховатости поверхностей

Параметр шероховатости поверхности			
Посадочные поверхности	Класс точности подшипника	Диаметры, мм	
		До 80	св. 80
		до 500	
		Ra,	
		мкм	
Валов	0	1,25	2,5
	6 и 5 4	0,63	
		1,25	
		0,32	
		0,63	
Отверстий корпусов	0	1,25	2,5
	6, 5, 4	0,63	
		1,25	

Таблица 1.3
Вид нагружения – циркуляционное (Ц)

Диаметр, мм		Допускаемые значения R _R , н/мм		
Внутреннего кольца		Посадки на вал		
свыше	j _s	k	m	n

до				
18 80	До 300	300- 1400	1400- 1600	1600- 3000
80 180	До 600	600- 2000	2000- 2500	2500- 4000
180 360	До 700	700- 3000	3000- 3500	3500- 6000
360 630	До 900	900- 3500	3500- 4500	4500- 8000
Наруж ного кольца		Посадки в корпус		
свыше до	К	М	N	P
50 180	До 800	800- 1000	1000- 1300	1300- 2500
180 360	До 1000	1000- 1500	1500- 2000	2000- 3300
360 630	До 1200	1200- 2000	2000- 2600	2600- 4000
630 1600	До 1600	1600- 2500	2500- 3500	3500- 5500

6. РАСЧЕТ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ

Задача: дать заключение о годности гайки и болта резьбового соединения с зазором М 22х1 – 5Н6Н/6d, если при измерениях гайки получены следующие размеры $D_{2изм} = 21,480$ мм; отклонение шага

$$\Delta P = 0,002 \text{ мм; отклонения половины угла профиля } \Delta \frac{\alpha}{2}_{пр} = 15',$$

$$\Delta \frac{\alpha}{2}_{лев} = 14'.$$

Решение. Определяем приведенный средний диаметр гайки

$$D_{пр} = D_{2изм} - (f_p + f_{\alpha}), \quad (1.4)$$

где f_p – диаметральный компенсация погрешности шага:

$$f_p = 1,732 \cdot |\Delta P| = 1,732 \cdot 0,002 = 0,0035 \text{ мм,}$$

f_{α} – диаметральный компенсация погрешности половины угла профиля:

$$f_{\alpha} = 0,36 \cdot P \cdot \Delta \frac{\alpha}{2} \cdot 10^{-3} = 0,36 \cdot 1 \frac{|15'| + |14'|}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0052 \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } D_{\text{пр}} = 21,480 - (0,0035 + 0,0052) = 21,471 \text{ мм.}$$

Заключение о годности. Гайка годна, т.к. выполняется условие годности:

$$D_{\text{пр}} \geq D_{2\text{ном}}$$

$$21,471 > 21,350$$

Болт считается годным если выполняется условие:

$$d_{\text{пр}} \leq d_{2\text{ном}}.$$

Приведенный средний диаметр болта определяется по формуле:

$$d_{\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + f_p + f_{\alpha}.$$

Расчет выполняется аналогично вышеприведенному для гайки.

7. РАСЧЕТ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ

1. Задача: определить предельные размеры диаметров резьбового соединения с натягом М10х1,5 – 2Н5С/2г.

Решение. По ГОСТ 9150-81 [1, табл. 4.24] выписываем номинальные значения диаметров: $d = D = 10 \text{ мм}$; $d_2 = D_2 = 9,026 \text{ мм}$; $d_1 = D_1 = 8,376 \text{ мм}$.

2. По ГОСТ 4608-81 (СТ СЭВ 306-76) [1, табл. 4.35] определяем предельные отклонения диаметров резьбы, мкм:

Наружная резьба (шпилька)

Верхнее отклонение e_s для $d \dots - 140$

Нижнее отклонение e_i для $d \dots - 376$

Верхнее отклонение e_s для $d_2 \dots + 148$

Нижнее отклонение e_i для $d_2 \dots + 95$

Отклонения d_1 не нормируются.

Внутренняя резьба (гнездо)

Верхнее отклонение ES для $D_2 \dots + 71$

Нижнее отклонение EI для $D_2 \dots 0$

Верхнее отклонение ES для $D_1 \dots + 376$

Нижнее отклонение EI для $D_1 \dots + 140$

3. Подсчитываем предельные размеры диаметров шпильки и гнезда.

Шпилька, мм

$$d_{\text{max}} = 10 - 0,140 = 9,86$$

$$d_{\text{min}} = 10 - 0,376 = 9,624$$

$$d_{2 \text{ max}} = 9,026 + 0,148 = 9,174$$

$$d_{2 \text{ min}} = 9,026 + 0,095 = 9,121$$

Отклонения d_1 не нормируются.

В обозначении наружной резьбы (шпильки) указывается только поле допуска среднего диаметра $d_2 - 3n; 3p; 2r$. Поле допуска наружного диаметра (d) не указывается, а его отклонения всегда соответствуют полю допуска $6e$ при $P \leq 1,25$ мм или $6s$ при $P > 1,25$ мм.

Резьба гнезда, мм

D – не нормируется

$$D_{2\max} = 9,026 + 0,071 = 9,097$$

$$D_{2\min} = 9,026$$

$$D_{1\max} = 8,376 + 0,376 = 8,725$$

$$D_{1\min} = 8,376 + 0,140 = 8,516$$

4. Схема расположения полей допусков болта и гайки для данного примера приведена на рис. 4.1.

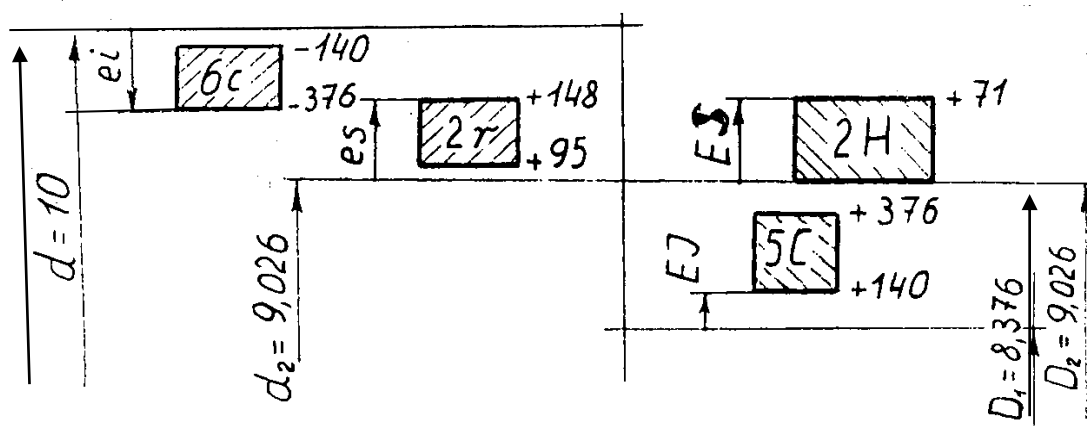


Рис.1. Схема расположения полей допусков метрической резьбы с посадкой с натягом

7. РАСЧЕТ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ПЕРЕХОДНОЙ ПОСАДКОЙ

Задача: определить предельные размеры резьбового соединения 3Н6Н

M22x1,5 - 2m с переходной посадкой.

1. Решение. По ГОСТ 9150-81 [1, табл. 4.24] выписываем номинальные значения диаметров: $d = D = 22$ мм; $d_2 = D_2 = 21,026$ мм; $d_1 = D_1 = 20,376$ мм.

2. По ГОСТ 24834-81 (СТ СЭВ 305-76) [1, табл. 4.36] определяем предельные отклонения диаметров резьбы, мкм:

Наружная резьба (шпилька)

Верхнее отклонение es для $d \dots \dots - 32$

Нижнее отклонение ei для $d \dots \dots - 268$

Верхнее отклонение es для $d_2 \dots\dots + 88$

Нижнее отклонение ei для $d_2 \dots\dots + 32$

отклонение d_1 не нормируется

Внутренняя резьба (гнездо)

Верхнее отклонение ES для $D_2 \dots\dots + 95$

Верхнее отклонение ES для $D_1 \dots\dots + 300$

3. Подсчитываем предельные размеры диаметров внутренней и наружной резьбы:

Шпилька, мм

$$d_{\max} = 22 - 0,032 = 21,968$$

$$d_{\min} = 22 - 0,268 = 21,732$$

$$d_{2\max} = 21,026 + 0,088 = 21,114$$

$$d_{2\min} = 21,026 + 0,032 = 21,058$$

d_1 – не нормируется.

В обозначении наружной резьбы (шпилька) указывается только поле допуска среднего диаметра (d_2) – 4jh; 4j; 4jk; 2m, поле допуска наружного диаметра (d) не указывается, а его отклонения всегда соответствуют полю допуска 6g.

Резьба гнезда, мм

D - не нормируется;

$$D_{2\max} = 21,026 + 0,095 = 21,121$$

$$D_{2\min} = 21,026$$

$$D_{1\max} = 20,376 + 0,300 = 20,676$$

$$D_{1\min} = 20,376$$

4. Схема расположения полей допусков болта и гайки для данного примера приведена на рис. 3.1.

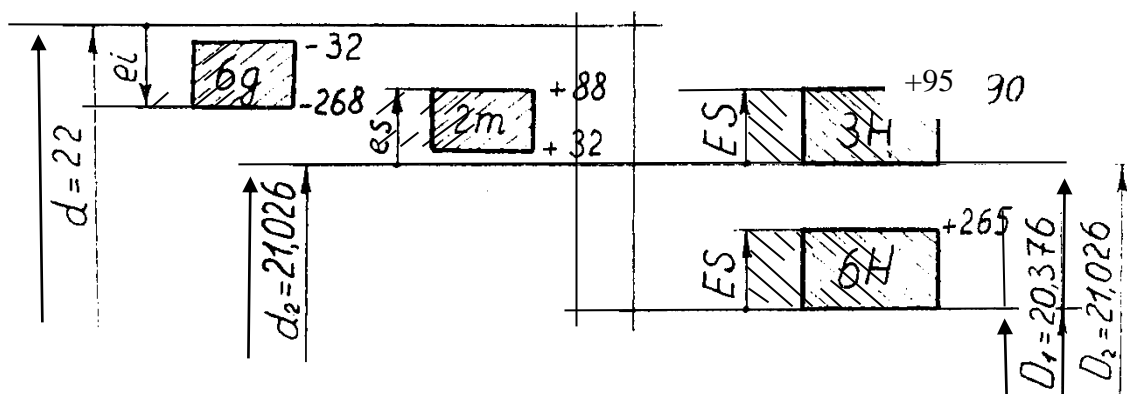


Рис. 1. Схема расположения полей допусков метрической резьбы с переходной посадкой

8. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

ВИДЫ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Шпоночные соединения предназначены для соединения валов между собой с помощью специальных устройств (муфт), а также для соединения с валами, осями различных тел вращения (зубчатых колес, эксцентриков, шкивов, маховиков и т. п.). Шпоночные соединения с призматическими, сегментными и клиновыми шпонками стандартизованы. Обычно шпоночные соединения делятся на два типа: ненапряженные с призматическими и сегментными шпонками и напряженные с клиновыми шпонками.

Чаще всего применяется 1-й тип шпоночных соединений (зубчатые колеса, эксцентрики и подобные детали на валах). Использование призматических шпонок дает возможность более точно центрировать сопрягаемые элементы и получать как неподвижные (в случае применения обыкновенных призматических шпонок), так и скользящие соединения (при использовании направляющих шпонок с креплением на валу). Сегментные шпонки позволяют получать только неподвижные соединения.

Соединения с клиновыми и тангенциальными шпонками встречаются значительно реже. Например, клиновые шпонки недопустимы при высоких требованиях к соосности соединяемых деталей, так как смещают их геометрические оси на размер посадочного зазора. Эти соединения используются в тех случаях, когда подобные смещения осей не имеют существенного значения (шкивы, маховики и т. п.).

РАЗМЕРЫ, ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

В настоящее время в СССР действуют: ГОСТ 23360-78 на размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с призматическими шпонками без крепления на валу (в части размеров шпонок и шпоночных пазов он соответствует СТ СЭВ 189-75), срок его действия - до 1/1 1990 г.; ГОСТ 8790-79 на размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с призматическими направляющими шпонками с креплением на валу (в части размеров шпонок и шпоночных пазов на валах и во втулках соответствует СТ СЭВ 189-75), срок действия - до 1/1 1991 г.; ГОСТ 24071-80 на размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с сегментными шпонками (полностью соответствует СТ СЭВ 647-77), срок его действия - до 1/1 1991 г.; ГОСТ 24068-80 на размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с клиновыми шпонками (полностью соответствует СТ СЭВ 645-77), срок его действия - до 1/1 1991 г.; ГОСТ 24069-80 а ГОСТ 24070-80 на размеры, допуски и посадки шпоночных соединений соответственно с тангенциальными нормальными и усиленными шпонками (полностью соответствуют СТ СЭВ 646-77), срок действия - до 1/1 1991 г.

Основные размеры шпонок и шпоночных пазов в соединениях с призматическими шпонками даны в табл. 4.64. Предельные отклонения по

ширине b шпонки и пазов на валу и во втулке приведены в табл. 4.65, а предельные отклонения несопрягаемых размеров соединений с призматическими шпонками - в табл. 4.66.

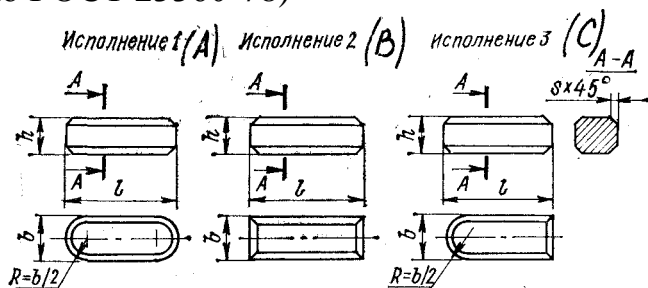
Стандарт не распространяется на посадки с пригонкой или подбором шпонок, а также на специально посадки - у ходовых валиков, штампованных сердечников электрических машин и т. д. Для шпоночных соединений с сегментными шпонками размеры элементов соединений в соответствии с ГОСТ 24071-80 даны в табл. 4.67, предельные отклонения размеров (по ширине шпонки b и несопрягаемых)-в табл. 4.68.1, рекомендации по назначению посадок - в табл. 4.68.2.

Для шпоночных соединений с клиновыми шпонками размеры элементов соединения в соответствии с ГОСТ 24068-80 даны в табл. 4.69.1, а предельные отклонения несопрягаемых размеров - в табл. 4.69.2.

Для шпоночных соединений с тангенциальными нормальными и усиленными шпонками размеры их и соответствующих им шпоночных пазов на валах и во втулках (с указанием предельных отклонений) даны соответственно в табл. 4.70.1 и 4.70.2.

Шпонки обычно сопрягаются по ширине с валом по неподвижной посадке, а с втулками - по одной из подвижных посадок. Натяг необходим для того, чтобы шпонка не перемещалась при эксплуатации, а зазор - для компенсации неизбежных неточностей пазов и их перекоса (рис. 4.21).

4.64. Основные размеры соединений с призматическими шпонками, мм (по ГОСТ 23360-78)



Диаметр вала <i>d</i>	Номинальные размеры шпонки					Номинальные размеры паза			
	<i>b</i> x <i>h</i>	Фаска <i>s</i>		Интервалы длин <i>l</i>		Глубина		Радиус закругления или фаска <i>s</i> ₁ x45°	
		max	min	от	до	на валу <i>t</i> ₁	во втул ке <i>t</i> ₂	max	min
От 6 до 8	2x2			6	20	1.2	1.0		
Св. 8 » 10	3x3	0.25	0.16	6	36	1.8	1.4	0.16	0.08

» 10 » 12	4x4			8	45	2.5	1.8		
Св. 12 до 17	5x5			10	56	3.0	2.3		
» 17 » 22	6x6	0.40	0.25	14	70	3.5	2.8	0.25	0.16
» 22 » 30	8x7			18	90	4.0	3.3		
Св. 30 до 38	10x8			22	110	5.0	3.3		
» 38 » 44	12x8			28	140	5.0	3.3		
» 44 » 50	14x9	0.60	0.40	36	160	5.5	3.8	0.4	0.25
» 50 » 58	16x10			45	180	6.0	4.3		
» 58 » 65	18x11			50	200	7.0	4.4		

Продолжение табл. 4.64

Диаметр вала d	Номинальные размеры шпонки					Номинальные размеры паза			
	bхh	Фаска s		Интервалы длин l		Глубина		Радиус закругления или фаска s ₁ х45°	
		max	min	от	до	на валу t ₁	во втул ке t ₂	max	min
Св. 65 до 75	20х 12			56	220	7.5	4.9		
» 75 » 85	22х 14			63	250	9.0	5.4		
» 85 » 95	25х 14	0.80	0.60	70	280	9.0	5.4	0.6	0.4
» 95 » 110	28х 16			80	320	10.0	6.4		
» 110 » 130	32х 18			90	360	11.0	7.4		
Св. 130 до 150	36х20 40х22	1.20	1.00	100 100	400 400	12.0 13.0	8.4 9.4	1.0	0.7
» 150 » 170									
» 170 » 200	45х25			110	450	15.0	10.4		
» 200 » 230	50х28			125	500	17.0	11.4		
Св. 230 до 260	56х32			140		20.0	12.4		
» 260 » 290	63х32	2.00	1.60	160	500	20.0	7.4	1.6	1.2
» 290 »	70х36			180		22.0	14.4		

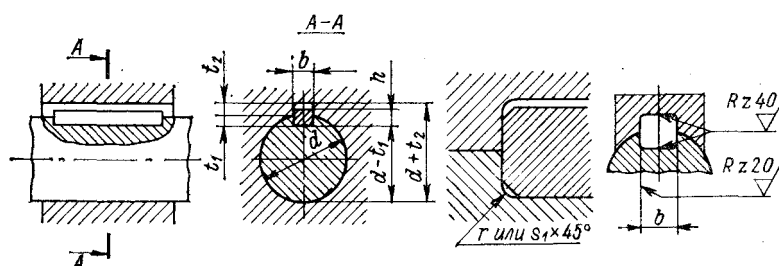
330									
Св. 330 до 380	80х40			200		25.0	15.4		
» 380 » 440	90х45	3.00	2.50	220	500	28.0	17.4	2.5	2.0
» 440 » 500	100х50			250		31.0	19.5		

Примечания: 1. ГОСТ 23360-78 не распространяется на шпоночные соединений, применяемые для крепления режущего инструмента. 2. Длины шпонок должны выбираться из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500. 3. Допускается применять шпонки с длиной, выходящей за пределы диапазона длин, указанного в таблице. 4. Материал - сталь чистотянутая для шпонок по ГОСТ 8786-68 или другая с временный сопротивлением разрыву не менее 590 МН/м² (60 кгс/мм²). 5. Указания по шероховатости поверхности на рисунке в данной таблице не стандартизованы. 6. На рабочем чертеже проставляется один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $d - t_1$ и для втулки $d + t_2$ 7. В ответственных шпоночных соединениях сопряжения дна паза с боковыми сторонами выполняются по радиусу r , значение и предельные отклонения которого указываются на рабочем чертеже. 8. В отдельных обоснованных случаях (пустотелые и ступенчатые валы, передача пониженных крутящих моментов и т. д.) допускается применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов, 9. Пример условного обозначения призматической шпонки исполнения 1 с размерами $b = 18\text{ мм}$, $h = 11\text{ мм}$, $t = 100\text{ мм}$:

Шпонка 18X 11X100 ГОСТ 23360-78.

Пример условного обозначения такой же шпонки исполнения 2 (3):

Шпонка 2(3) 18X11X100 ГОСТ 23360-78.



4.65. Предельные отклонения по ширине b шпоночных соединений с призматическими шпонками (по ГОСТ 26360-78) и ориентировочное назначение посадок

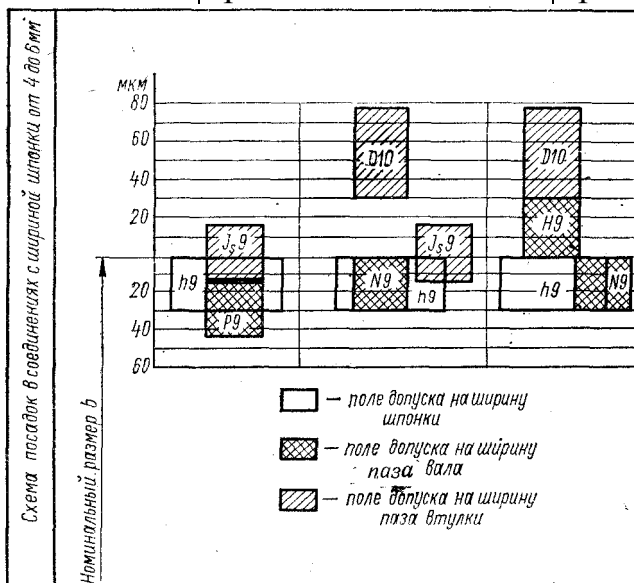
4.65. Предельные отклонения по ширине b шпоночных соединений с призматическими шпонками (по ГОСТ 26360-78) и ориентировочное назначение посадок

Элемент соединения	Предельные отклонения размера b при соединении			
	любом	свободном	нормальном	плотном

		на валу	во втулке	на валу	во втулке	на валу	во втулке
Шпонка	h9	-	-	-	-	-	-
Паз	-	H9	D10	N9	J _s 9	-	P9

Для ширины пазов вала и втулки допускаются любые сочетания указанных выше полей допусков, например по аналогии [7]:

Ширина шпонки	h9	h9	h9
Ширина паза на валу	P9	N9	H9 *; N9
Ширина паза во втулке	J _s 9	D10 *; J _s 9	D10
Назначение посадок	Для единичного и серийного производства	Для серийного и массового производства	Для направляющих шпонок



Примечание. Для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения размера ширины паза вала H11, если это не влияет на работоспособность соединения.

* Рекомендуется для соединений с длинными шпонками ($l > 2d$), Перед применением желательна опытная проверка.

4.66. Предельные отклонения несопрягаемых размеров соединения с призматическими шпонками (по ГОСТ 23360-78)

Элемент соединения	Предельные отклонения размера		
	Высота h	Длина l	Глубина (или проставляемый на чертеже размер) на валу t_1 (или $d-t_1$) * и на втулке t_2 , (или $d+t_2$)
			при h, мм

			от 2 до 6	св. 6 до 18	св. 18 до 50
Шпонка	h11, h9 **	h14	-	-	-
Паз	-	H15	+0.1 0	+0.2 0	+0.3 0
*Для указанного размера те же предельные отклонения назначаются со знаком минус. **При h = 2 - 6 мм					

9. ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

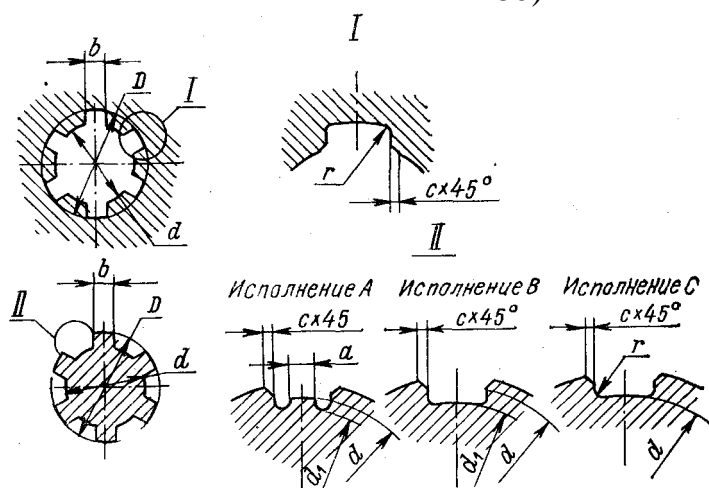
Шлицевые соединения имеют то же назначение, что и шпоночные, но обычно используются при передаче больших крутящих моментов и более высоких требованиях к соосности соединяемых деталей. Среди шлицевых (зубчатых) соединений, к которым относятся соединения с прямобочным, эвольвентным и треугольным профилем зубьев прямобочные соединения наиболее распространены. Они применяются для подвижных и неподвижных соединений. В зависимости от передаваемого крутящего момента устанавливается три типа соединений:

легкой, средней и тяжелой серии.

В СССР действует ГОСТ 1139-80 на размеры и допуски прямобочных шлицевых соединений. Срок его действия установлен с 1/1 1982 г. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 187-75 и СТ СЭВ 188-75.

Номинальные размеры и число зубьев шлицевых соединений общего назначения с прямобочным профилем шлицев, расположенных параллельно оси соединения, приведены в табл. 4.71.

1. Размеры прямоблочных шлицевых соединений, мм (по ГОСТ 1139-80)



ZхdхD (z - число зубьев)	b	d ₁	a	с		r, не более
		не менее		Номи- нальный размер	Предель- ное от- клонение	
1	2	3	4	5	6	7
Легкая серия						
6x23x26	6	22.1	3.54	0.3	+0.2	0.2
6x26x30	6	24.6	3.85	0.3	+0.2	0.2
6x28x32	7	26.7	4.03	0.3	+0.2	0.2
8x32x36	6	30.4	2.71	0.4	+0.2	0.3
8x36x40	7	34.5	3.46	0.4	+0.2	0.3
8x42x46	8	40.4	5.03	0.4	+0.2	0.3
8x46x50	9	44.6	5.75	0.4	+0.2	0.3
8x52x58	10	49.7	4.89	0.5	+0.3	0.5
8x56x62	10	53.6	6.38	0.5	+0.3	0.5
8x62x68	12	59.8	7.31	0.5	+0.3	0.5
10x72x78	12	69.6	5.45	0.5	+0.3	0.5
10x82x88	12	79.3	8.62	0.5	+0.3	0.5
10x92x98	14	89.4	10.08	0.5	+0.3	0.5
10x102x108	16	99.9	11.49	0.5	+0.3	0.5
10x112x120	18	108.8	10.72	0.5	+0.3	0.5
Средняя серия						
6x11x14	3.0	9.9	-	0.3	+0.2	0.2
6x13x16	3.5	12.0	-	0.3	+0.2	0.2
6x16x20	4.0	14.5	-	0.3	+0.2	0.2
6x18x22	6.0	16.7	-	0.3	+0.2	0.2
6x21x25	5.0	19.5	1.95	0.3	+0.2	0.2
6x23x28	6.0	21.3	1.34	0.3	+0.2	0.2

6x26x32	6.0	23.4	1.65	0.4	+0.2	0.3
6x28x34	7.0	25.9	1.70	0.4	+0.2	0.3
8x32x34	6.0	29.4	-	0.4	+0.2	0.3
8x36x42	7.0	33.5	1.02	0.4	+0.2	0.3
8x42x48	8.0	39.5	2.57	0.4	+0.2	0.3
8x46x54	9.0	42.7	-	0.5	+0.3	0.5
8x52x60	10.0	48.7	2.44	0.5	+0.3	0.5

Продолжение табл. 2

ZxdxD (z - число зубьев)	b	d ₁	a	с		г, не более	
		не менее		Ном инальный разм ер	Пред ельное от- клонение		
1	2	3	4	5	6	7	
2 2 02 112 123	8x56x65 0	10.	52.2	2.50	0.5	+0.3	0.5
	8x62x72 0	12.	57.8	2.40	0.5	+0.3	0.5
	10x72x8 0	12.	67.4	-	0.5	+0.3	0.5
	10x82x9 0	12.	77.1	3.00	0.5	+0.3	0.5
	10x92x1 0	14.	87.3	4.50	0.5	+0.3	0.5
	10x102x 0	16.	97.7	6.30	0.5	+0.3	0.5
	10x112x 0	18.	106.	4.40	0.5	+0.3	0.5
	Тяжелая серия						
0 3 6 9	10x16x2	2.5	14.1		0.3	+0.2	0.2
	10x18x2	3.0	15.6		0.3	+0.2	0.2
	10x21x2	3.0	18.5		0.3	+0.2	0.2
	10x23x2	4.0	20.3		0.3	+0.2	0.2
	10x26x3	4.0	23.0		0.4	+0.2	0.3

2	10x28x3	4.0	24.4		0.4	+0.2	0.3
5	10x32x4	5.0	28.0		0.4	+0.2	0.3
0	10x36x4	5.0	31.3		0.4	+0.2	0.3
5	10x42x5	6.0	36.9		0.4	+0.2	0.3
2	10x46x5	7.0	40.9		0.5	+0.3	0.5
6	16x52x6	5.0	47.0		0.5	+0.3	0.5
0	16x56x6	5.0	50.6		0.5	+0.3	0.5
5	16x62x7	6.0	56.1		0.5	+0.3	0.5
2	16x72x8	7.0	65.9		0.5	+0.3	0.5
2	20x82x9	6.0	75.6		0.5	+0.3	0.5
2	20x92x1	7.0	85.5		0.5	+0.3	0.5
02	20x102x	8.0	94.0		0.5	+0.3	0.5
115	20x112x	9.0	104.		0.5	+0.3	0.5
125		0					

Примечания: 1. Боковые стороны зубьев вала должны быть параллельны оси симметрии зуба до пересечения с окружностью диаметра d . 2. Фаска у пазов отверстия втулки может быть заменена закруглением, радиус которого должен быть равен f . 3. Размер a в соединениях легкой и средней серий дан для валов исполнения А при изготовлении методом обкатывания. 4. Валы исполнения А тяжелой серии, как правило, методом обкатывания не изготавливаются. 5. При центрировании по внутреннему диаметру валы изготавливаются в исполнении А и С, при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам - в исполнении В. 6. Размеры, приведенные в таблице, не распространяются на специальные шлицевые соединения.

СПОСОБЫ ЦЕНТРИРОВАНИЯ

В шлицевых прямобочных соединениях применяются три способа относительного центрирования вала и втулки: по наружному диаметру (D); по внутреннему диаметру (d) и по боковым поверхностям зубьев (b).

Схемы этих способов показаны на рис. 4.23, а, б, в.

Центрирование по D рекомендуется в случаях повышенных требований к точности соосности элементов соединения, когда твердость втулки не слишком высока и допускает обработку чистовой протяжкой, а вал обрабатывается фрезерованием и окончательным шлифованием по наружному диаметру D . Применяется в неподвижных соединениях, в подвижных, передающих малый крутящий момент, и т. д., т. е. в соединениях с малым износом поверхностей.

Центрирование по d применяется в случаях повышенных требований к совпадению геометрических осей (аналогично с центрированием по D), если твердость втулки не позволяет обрабатывать деталь протяжкой или когда может возникнуть коробление валов после термообработки. Способ значительно дороже, но обеспечивает наибольшую точность.

Центрирование по b используется, когда не требуется особой точности соосности, при передаче значительных моментов, в случаях, когда недопустимы большие зазоры между боковыми поверхностями вала и втулки (знакопеременный момент). Этот способ центрирования является наиболее простым и экономичным.

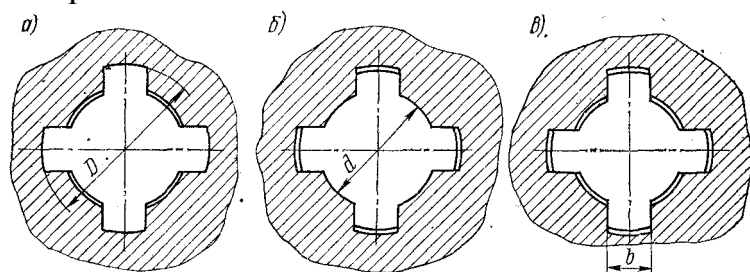


Рис. 4.23

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Поля допусков, а также посадки валов и втулок, рекомендуемые ГОСТ 1139-80 для различных способов центрирования, приведены в табл. 4.72-4.74. Поля допусков нецентрирующих размеров приведены в табл. 4.75.

4.72. Рекомендуемые поля допусков и посадки для размеров D и b при центрировании по D (по ГОСТ 1139-80)

Поля допусков		Посадки
втул	вала	
ки		
Для размера D		
H7	f7; g6; h7; js6; n6	$\frac{H7}{f7} ; \frac{H7}{g6} ; \frac{H7}{h7} ; \frac{H7}{js6} ; \frac{H7}{n6}$
H8	e8	$\frac{H8}{e8}$
Для размера b		

F8	d9; e8; f7; f8; h8; h9; j _s 7	$\frac{F8}{(d9)}$; $\frac{F8}{e8}$; $\frac{F8}{f7}$; $\frac{F8}{f8}$; $\frac{F8}{h8}$; $\frac{F8}{h9}$; $\frac{F8}{j_s7}$
D9	d9; e8; f7; h8; h9; j _s 7	$\frac{D9}{(d9)}$; $\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f7}$; $\frac{D9}{h8}$; $\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{j_s7}$
<p>Примечания: 1. Кроме указанных посадок допускаются и другие (см. СТ СЭВ 186-75). 2. Сочетание посадок по размерам D и b стандартом не регламентировано (устанавливается конструктором). 3. Посадки, заключенные в рамку, являются предпочтительными; посадки, указанные в скобках, по возможности не применять. 4. Допуски и основные отклонения размеров по СТ СЭВ 145-75 5. Отклонения нецентрирующих диаметров см. табл. 4.76. 6. Поле допуска h9 применяется при чистовом фрезеровании незакаленных шлицевых валов. 7. При повышенных требованиях к точности допускается применение соседнего, более точного, качества.</p>		

4.73. Рекомендуемые поля допусков и посадки для размеров d и b при центрировании по d (по ГОСТ 1139-80)

Поля допусков		Посадки
втул ки	вала	
Для размера d		
H7	f7; g6; h7; j _s 6; j _s 7; n6	$\frac{H7}{f7}$; $\frac{H7}{g6}$; $\frac{H7}{h7}$; $\frac{H7}{j_s6}$; $\frac{H7}{j_s7}$; $\frac{H7}{n6}$
H8	e8	$\frac{H8}{e8}$
Для размера b		
F8	f7; f8; j _s 7;k7	$\frac{F8}{f7}$; $\frac{F8}{f8}$; $\frac{F8}{h7}$; $\frac{F8}{j_s7}$; $\frac{F8}{k7}$
H8	h7; h8; j _s 7	$\frac{H8}{h7}$; $\frac{H8}{h8}$; $\frac{H8}{j_s7}$
D9	e8; f8; e9; h9; k7	$\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f8}$; $\frac{D9}{e9}$; $\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{k7}$
F10	e8; f8; h7; e9; h9; j _s 7; k7	$\frac{F10}{e8}$; $\frac{F10}{f8}$; $\frac{F10}{h7}$; $\frac{F10}{e9}$; $\frac{F10}{h9}$; $\frac{F10}{j_s7}$; $\frac{F10}{k7}$
Примечания: 1. См. примечания к табл. 4.72 (кроме п. 2). 2. Сочетание посадок по размерам d и b стандартом не регламентировано (устанавливается конструктором). 3. Поле F10 рекомендуется только для закаленных нешлифованных втулок		

4.74. Рекомендуемые поля допусков и посадки для размера b при центрировании по b (по ГОСТ 1139-80)

Поля допусков		Посадки
втул ки	вала	
F8	d9; e8; f8; e9; h9; j _s 7	$\frac{F8}{(d9)}$; $\frac{F8}{e8}$; $\frac{F8}{f8}$; $\frac{F8}{e9}$; $\frac{F8}{h9}$; $\frac{F8}{j_s7}$
D9	d9; e8; f8; e9; h9; j _s 7; k7	$\frac{D9}{(d9)}$; $\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f8}$; $\frac{D9}{e9}$; $\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{j_s7}$; $\frac{D9}{k7}$
F10	d9; e8; f8; e9; h9; k7	$\frac{F10}{(d9)}$; $\frac{F10}{e8}$; $\frac{F10}{f8}$; $\frac{F10}{e9}$; $\frac{F10}{h9}$; $\frac{F10}{k7}$
Примечания: 1. См. примечания к табл. 4.72 (кроме п. 2, 6). 2. Поле e9 рекомендуется для незакаленных валов.		

4.75. Поля допусков нецентрирующих диаметров (по ГОСТ 1139-80)

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Поле допуска	
		вала	втулки
d	По D или b	См. d ₁ в табл.	H11
D	» d » b	4.71 a11	H12

КОНТРОЛЬ СОЕДИНЕНИЙ

Контроль шлицевых соединений осуществляется с помощью комплексных проходных калибров (пробок и колец), а также поэлементно путем использования непроходных калибров или универсальных измерительных приборов. Поэлементный контроль охватывает диаметры валов, отверстий, толщину зубьев вала и ширину впадин отверстия. Пробковыми и кольцевыми комплексными калибрами контролируется взаимное расположение поверхностей соединения.

При использовании комплексных калибров отверстие считается годным, если комплексный калибр-пробка проходит, а диаметры и ширина паза не выходят за установленный верхний предел; вал считается годным, если комплексный калибр-кольцо проходит, а диаметры и толщина зуба не выходят за установленный нижний предел. При длине шлицевого вала или втулки, превышающей длину комплексного калибра, предельные отклонения от параллельности сторон зубьев вала и пазов втулки относительно оси центрирующей поверхности не должны превышать на длине 100 мм: 0.03 мм в соединениях повышенной точности, определяемой допуском на размер b в пределах от IT6 до IT8; 0.05 мм в соединениях нормальной точности при допусках на размер b от IT9 до IT10. ГОСТ 1139-80 не регламентирует суммарные отклонения. Проектирование комплексных калибров для контроля прямобоочных шлицевых соединений осуществляют с учетом предельных размеров сопряженных деталей.

Предельные отклонения при отсутствии соответствующих стандартно-нормативных материалов для поэлементного контроля в условиях серийного производства устанавливаются предприятием как доля от общего поля допуска.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Примеры обозначения шлицевого соединения вала и втулки:

для шлицевого соединения с параметрами $z = 8$, $d = 36$ мм, $D = 40$ мм, $b = 7$ мм, с центрированием по d, с посадками по d $\frac{H7}{e8}$; D $\frac{H12}{a11}$ и по b $\frac{D9}{f8}$

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8};$$

для отверстия этого же соединения

$$d - 8 \times 36 H7 \times 40 H12 \times 7 D9$$

и вала

$$d - 8 \times 36 e8 \times 40 a11 \times 7 f8.$$

Допускается не указывать в обозначении допуски нецентрирующих диаметров. Например, при центрировании по наружному диаметру с

посадкой по диаметру центрирования $D \frac{H8}{h7}$ и по размеру $b \frac{F10}{h9}$

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

То же при центрировании по боковым сторонам

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h8}.$$

10. РАСЧЕТ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Стандартами регламентированы допуски эвольвентных цилиндрических зубчатых передач с колесами внешнего и внутреннего зацеплений с исходным контуром по ГОСТ 13755-81 при $m \geq 1$ мм, эвольвентных цилиндрических и винтовых передач с колесами, выполненными по исходному контуру ГОСТ 9587-81 при $m < 1$ мм, а также допуски конических и гипоидных зубчатых передач и пар (поставляемых без корпуса) внешнего зацепления с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля¹ 20°.

Стандартом устанавливаются допуски червячных цилиндрических передач и червячных пар (поставляемых без корпуса) с червяками ZA (архимедов червяк), ZI (эвольвентный червяк), ZN (конволютный червяк), ZK, образованными конусом, с межосевым углом, равным 90°.

Допуски цилиндрических эвольвентных зубчатых колес и передач установлены ГОСТ 1643-81² (стандарт соответствует СТ СЭВ 641-77, СТ СЭВ 643-77 и СТ СЭВ 644-77) при $t = 1-55$ мм, делительном диаметре до 6300 мм, ширине венца или полушеврона до 1250 мм для прямозубых, косозубых и шевронных колес и ГОСТ 9178-81² (стандарт соответствует СТ СЭВ 642-77, а в части терминов и обозначении СТ СЭВ 643-77, СТ СЭВ 644-77) при $0,1 \leq m < 1,0$ мм, делительном диаметре до 400 мм (при $t \leq 0,5$ мм до $d = 200$ мм).

Допуски конических и гипоидных зубчатых колес, передач и пар

¹ Для зубчатых колес гипоидных передач за номинальный угол профиля принимается среднее арифметическое значение углов профиля на противоположных сторонах зубьев.

² Ранее были разработаны ГОСТ 1643—72 и ГОСТ 9178—72.

установлены ГОСТ 1758-81 (СТ СЭВ 186-75, СТ СЭВ 1161-78) при $m = 1 - 56$ мм, среднем делительном диаметре до 4000 мм для колес с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями и ГОСТ 9368-81 при $m < 1$ мм, делительном диаметре до 200 мм для колес с прямыми зубьями.

Допуски червячных цилиндрических передач и червячных пар установлены ГОСТ 3675-81 (СТ СЭВ 311-76, СТ СЭВ 1162-78) при $t = 1 - 25$ мм, делительном диаметре червяка до 450 мм, делительном диаметре колеса до 6300 мм и ГОСТ 9774-81³ для металлических механически обработанных червячных колес и цилиндрических червяков при любом числе заходов с осевым модулем до 1 мм, делительными диаметрами колес до 320 мм и делительными диаметрами червяков до 50 мм.

ТОЧНОСТЬ И ВИДЫ СОПРЯЖЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Погрешности изготовления и сборки зубчатых и червячных передач вызывают динамические нагрузки, шум, вибрации, нагрев, концентрацию напряжений на отдельных участках зубьев, а также несогласованность углов поворота ведущего и ведомого колес, что приводит к ошибкам относительного положения звеньев и к ошибкам от мертвого хода.

При назначении допусков на зубчатые колеса и точность монтажа для достижения качественной работы передачи преследуются цели:

1) обеспечение кинематической точности, т. е. согласованности углов поворотов ведущего и ведомого колес передачи;

2) обеспечение плавности работы, т. е. ограничение циклических погрешностей, многократно повторяющихся за один оборот колеса (резкие местные изменения отклонений углов поворота колеса);

3) обеспечение контакта зубьев, т. е. такого прилегания зубьев по длине и высоте, при котором нагрузка от одного зуба к другому передается по контактными линиям, максимально использующим всю активную поверхность зуба;

4) обеспечение бокового зазора для устранения заклинивания зубьев при работе и ограничения мертвых ходов в передаче.

Кинематическая точность характеризуется величиной кинематической погрешности передачи, т. е. разности между действительным и номинальным (расчетным) углами поворота ведомого колеса, выраженной в линейных величинах длиной дуги по делительной окружности. Стандартами ограничивается наибольшая кинематическая погрешность передачи F'_{ior} (и колеса F'_{ir} , т. е. наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес (для колеса - за один оборот).

³ В справочнике не рассматривается.

Плавность работы количественно характеризуется местной кинематической погрешностью f'_{ir} (степень плавности изменения кинематической погрешности) и циклической погрешностью передачи f'_{ir} (для колеса - f_{zkor}).

Полнота контакта зубьев характеризуется относительными размерами по длине и высоте зуба суммарного пятна контакта сопряженных зубьев в передаче.

Боковой зазор определяется в сечении, перпендикулярном к направлению зубьев, и в плоскости, касательной к основным цилиндрам. Боковой зазор необходим для размещения слоя смазки, компенсации температурных деформаций, а также погрешностей изготовления и монтажа. Для нормальной работы боковой зазор в передаче должен быть не меньше установленного гарантированного зазора $j_{n \min}$ и не больше наибольшего допустимого зазора.

В зависимости от условий эксплуатации к зубчатым колесам предъявляются различные требования как по величине, так и по характеру допускаемых погрешностей. Так, кинематическая точность является основным требованием для делительных и отсчетных передач, планетарных передач с несколькими сателлитами и т. п.; плавность работы - основное требование для высокоскоростных передач; полнота контакта зубьев имеет наибольшее значение для тяжело нагруженных тихоходных передач; величина бокового зазора и колебание этой величины наиболее важны для реверсивных, отсчетных, съемных и других передач.

Следует также учитывать, что обеспечение того или иного показателя точности зависит от различных технологических факторов. Например, кинематическая точность обеспечивается за счет малого радиального биения зубчатого колеса, обработки его на станке с точной кинематической цепью; циклическая погрешность зависит от точности червяка делительной передачи станка, а для прямозубых колес - от точности зуборезного инструмента. Плавность работы передачи значительно повышается после шевингования колес и притирки. Контакт зубьев зависит от торцового биения заготовки, а для косозубых зубчатых колес - от наклона направляющих станка, точности ходового винта и т. п. Контакт зубьев улучшается после притирки.

Боковой зазор не зависит от точности зубообработки и определяется в основном величиной межосевого расстояния в передаче и толщиной зубьев колес. В указанных выше стандартах по точности изготовления все зубчатые колеса и передачи разделены на 12 степеней (от 1-й наиболее точной до 12-й наиболее грубой). Для некоторых степеней числовые значения допусков и отклонений пока не предусмотрены, эти степени точности оставлены для будущего развития. К таким степеням точности относятся: для цилиндрических передач - 1 и 2; для конических - 1 - 3; для

червячных- 1 и 2 при $m < 1$ мм по ГОСТ 9774-81 (СТ СЭВ 1913-79 и СТ СЭВ 1162-78).

Для каждой степени точности установлены отдельно нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев колес и передач. Все эти три вида норм могут комбинироваться и назначаться из разных степеней точности с учетом ограничений, приводимых в стандартах.

Комбинирование позволяет назначать точные степени для тех норм, которые наиболее важны с эксплуатационной точки зрения для работы передачи, и более грубые степени - для остальных норм. Например, для средних и высокоскоростных передач (автомобильных, турбинных) степень точности по нормам плавности целесообразно назначить более точную, чем по нормам кинематической точности; для делительных передач (например, отсчетных механизмов) степени точности по нормам кинематической точности и плавности рекомендуется принимать одинаковыми; для тяжело нагруженных передач, работающих со средними и малыми скоростями, рекомендуется назначать нормы контакта зубьев по более точной степени, чем нормы кинематической точности и плавности работы, и т. п. [8].

Независимо от степени точности зубчатых колес и передач стандартами устанавливаются различные виды сопряжения зубьев в передаче. За основу деления по видам сопряжения принят гарантированный (наименьший) боковой зазор $j_{n\min}$.

Для зубчатых цилиндрических, конических и гипоидных, а также червячных цилиндрических передач с $t \geq 1$ мм установлено шесть видов (рис. 5.1) сопряжения: с нулевым боковым зазором Н, весьма малым зазором Е, малым зазором D, уменьшенным зазором С, нормальным зазором В, увеличенным зазором А. Для мелко модульных цилиндрических и конических передач ($m < 1$ мм) установлено пять видов сопряжений (рис. 5.2); Н, G, F, E, D.

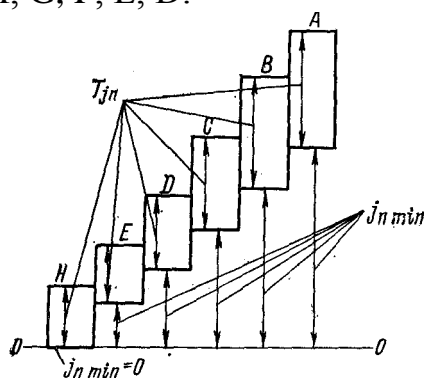


Рис. 5.1

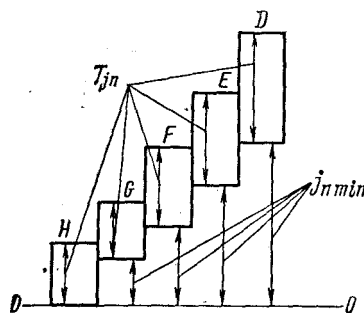


Рис. 5.2

В ранее разработанном стандарте для мелко модульных ($t < 1$ мм) червячных передач (ГОСТ 9774-61) имелось четыре вида сопряжения зубьев: С, Д, Х, Ш.

Стандартами для зубчатых цилиндрических и червячных передач при $t \geq 1$ мм установлено восемь видов допусков на боковой зазор T_{jn} : h, d, c, b, a, z, y, x (обозначения расположены в порядке возрастания допуска); для конических и гипоидных передач при $t \geq 1$ мм - пять видов: h, d, c, b, a. Для зубчатых цилиндрических (конических) мелкомодульных ($t < 1$ мм) передач предусмотрено четыре (пять) вида допусков T_{jn} : h, g, f, e (d).

При отсутствии специальных требований G каждым видом сопряжения употребляется определенный вид допуска на боковой зазор, обозначенный строчной буквой, аналогичной⁴ букве вида сопряжения (например, с A-a, с B-b и т. д.). В необходимых случаях соответствие вида допуска и вида сопряжения допустимо нарушать, используя все установленные для данной передачи виды допусков T_{jn} (например, для B-a и т. д.).

Для цилиндрических зубчатых передач установлено шесть (пять для $t < 1$ мм) классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами от I (II) до VI. Гарантированный боковой зазор в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении соответствия вида сопряжения и класса отклонений (см. табл. 5.17) межосевого расстояния. Это соответствие допустимо нарушать.

Для каждой из трех норм точности (кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев) и норм бокового зазора (видов сопряжения) установлены комплексные и поэлементные показатели.

Выполнение требований каждого вида норм может контролироваться проверкой в производстве комплексных показателей или нескольких поэлементных показателей. Для этого в стандартах приводятся комплексы контроля, включающие или один комплексный, или несколько поэлементных показателей. Комплексы контроля, применяемые при приемке колес, являются равноправными, но не равноценными. Первый из них (для каждой нормы), образованный одним комплексным показателем, дает наиболее полную оценку точности колеса. Каждый последующий характеризует значительную долю основной погрешности или отдельные ее составляющие.

Выбор того или иного комплекса контроля зависит от назначения и точности зубчатых колес и передач, их размеров, установившейся практики контроля, объема и условий производства и других факторов [13, 10]. Контролируемые элементы устанавливаются отраслевыми стандартами. Для выбранного комплекса на чертеже зубчатого колеса с нестандартным исходным контуром указываются соответствующие допуски, отклонения, и колесо контролируется по показателям комплекса.

В чертежах зубчатых колес со стандартным исходным контуром

⁴Кроме видов сопряжения D (от $t < 1$ мм) и E ($t \leq 1$ мм), которым отвечает вид допуска e.

показатели комплекса конструктор не указывает; эти показатели устанавливаются технологическими службами при проектировании технологических процессов (см. далее раздел «Оформление чертежей цилиндрических зубчатых колес»).

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ НОРМЫ ТОЧНОСТИ

К нормам точности относятся допуски и отклонения, ограничивающие отдельные виды погрешностей.

Показателем кинематической точности в передачах является кинематическая погрешность передачи F'_{ior} для степеней точности 3-8. Допуск на кинематическую погрешность передачи (пары колес) равен сумме допусков на кинематическую погрешность ее зубчатых колес

$$F'_{io} = F'_{i1} + F'_{i2} \quad (5.2)$$

Для передач, составленных из зубчатых колес, имеющих кратные между собой числа зубьев при отношении чисел не более трех (1, 2, 3), допуск F'_{io} при селективной сборке передачи может быть сокращен, исходя из расчета, на 25 % и более.

Показатели кинематической точности передач и зубчатых колес для различных степеней точности приведены в табл. 5.4.

Показателями плавности работы передач являются местная кинематическая погрешность f'_{ior} и (при $t \geq 1$ мм) циклическая погрешность зубцовой частоты f_{zzor} или циклическая погрешность передачи f_{zkor} - Показатели плавности работы передач и зубчатых колес приведены в табл. 5.5.

Показателями, определяющими контакт зубьев в передаче, являются суммарное пятно контакта, мгновенное пятно контакта (при $t \geq 1$ мм), непараллельность f_{xg} и перекос f_{yg} осей. Показатели контакта зубьев в передаче для зубчатых колес приведены в табл. 5.6.

Комплексы показателей точности по табл. 5.4.-5,6 и показатели, обеспечивающие гарантированный боковой зазор (см. табл. 5.16), устанавливаются изготовителем.

Каждый установленный комплекс показателей, который используется при контроле передач и зубчатых колес, является равноправным, но при сравнительной оценке влияния точности передачи на ее эксплуатационные характеристики предпочтительными являются показатели: F'_{ior} , f_{zzor} , f_{zkor} суммарное пятно контакта.

Допуски и отклонения по нормам кинематической точности, нормам плавности работы и нормам контакта зубьев приведены в табл. 5.7-5.10. В таблицах даны значения норм тех показателей, которые в основном будут необходимы конструктору при расчете при выборе степеней точности, разработке чертежей зубчатых колес со стандартным исходным контуром,

а также при выполнении некоторых инженерных расчетов (например, размерных цепей). В случае необходимости использования иных норм и показателей (например, при разработке чертежей зубчатых колес с нестандартным исходным контуром) из числа указанных в табл. 5.4-5.6 значения этих норм и показателей см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81; рекомендации к выбору варианта контрольного комплекса см., например, [8, 10].

4. Показатели кинематической точности цилиндрических зубчатых колес и передач по ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) и ГОСТ 9178-81 (СТ СЭВ 642-77)

Контролируемый объект	Показатель точности или комплекс	Обозначение допусков	Степень точности
Зубчатая передача	F'_{ior}	F'_{io}	3-8
Зубчатое колесо	F'_{ir}	F'_i	3-8
	F_{pr}, F_{pkr}	F_p, F_{pk}	3-6
	F_{pr}	F_p	7, 8
	F_{cr}, F_{rr}	F_c, F_r	3-8
	F_{vw_r}, F_{rr}	F_{vw}, F_r	3-8
	F_{vw_r}, F''_{ir}	F_{vw}, F''_i	5-8
	F_{cr}, F''_{ir}	F_c, F''_i	5-8
	F''_{ir}	F''_i	9-12
	F_{rr}	F_r	7 *, 8 *, 9-12

Примечания: 1. Допускается вместо обозначений F_{vw_r} и F_{vw} применять обозначения соответственно V_{w_r} и V_w . 2. Принятые обозначения: F'_{ior} см. табл. 5.1, F'_{ir} - наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса; F_{pr} - накопленная погрешность шага по зубчатому колесу; F_{pkr} - накопленная погрешность К шагов; F_{rr} - радиальное биение зубчатого венца; F_{vw_r} - колебание длины общей нормали; F_{cr} - погрешность обката; F''_{ir} - колебание измерительного межосевого расстояния за один оборот зубчатого колеса. Допуски на соответствующие погрешности обозначают символом погрешности без буквы «r» в индексе (например, F'_i - допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса и т. д.). 3. Допускается, чтобы одна из величин, входящих в комплекс (например, F_{rr} и F_{vw_r}), превосходила предельное значение (F_r или F_{vw_r}), если суммарное влияние обеих величин не превышает F_i . 4. Если кинематическая погрешность зубчатых колес относительно рабочей оси соответствует требованиям стандартов, а селективной сборки не предполагается, то контроль кинематической точности передач необязателен. 5. При соответствии кинематической точности передачи требованиям стандартов отдельный контроль кинематической точности зубчатых колес нет необходимости производить.

* При диаметрах зубчатых колес $d > 1600$ мм и $m \geq 1$ мм.

5.5. Показатели плавности работы цилиндрических зубчатых колес и передач по ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) и ГОСТ 9178-81 (СТ СЭВ 642-77)

Контролируемый объект	Показатель точности или комплекс	Обозначения допусков	Степени точности	
			$m \geq 1$ мм	$m < 1$ мм
Передача с коэффициентом ε_{β}^* , менее указанного в примечании, см. п. 1	f'_{ior} f_{zzor}	f'_{io} f_{zzo}	3-8	3-8 -
Передача с ε_{β} , большим или равным указанному в примечании, см. п. 1	f_{zkor}	f_{zko}	3-8	-
Зубчатое колесо с ε_{β}^* , менее указанного в примечании, см. п. 1	f'_{ir} f_{zzr} f_{pbr}, f_{fr} f_{pbr}, f_{ptr}	f'_i f_{zz} $\pm f_{pb}, f_f$ $\pm f_{pb},$ $\pm f_{pt}$	3-8	3-8
	f'_{ir}	f''_i		3-8
	f'_{zkr}	f'_{zk}	5-8	-
Зубчатое колесо с ε_{β} , большим или равным указанному в примечании, см. п. 1	f_{ptr}	$\pm f_{pt}$	3-8 5 **, 6 7, 8	-
	f'_{ir} f_{pbr} f_{ptr}	f''_i f_{pb} f_{pt}	**	
Зубчатое колесо с любым ε_{β}	f'_{ir} f_{pbr} f_{ptr}	f''_i f_{pb} f_{pt}	9-12	5-12
				9-12

Примечания: 1. Показатели плавности работы зубьев для степеней точности 3-8 и $t > 1$ мм устанавливаются в зависимости от следующих граничных значений номинального коэффициента осевого перекрытия и степени точности по нормам контакта:

Степень точности по нормам контакта.....	3; 4	5	6	7	8
Граничные значения номинального коэффициента осевого перекрытия ε_β	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0

2. Принятые обозначения: f'_{ior} - местная кинематическая погрешность в передаче; $f_{z\sigma r}$ и $f_{z\sigma r}$ см. табл. 5.1; f'_{ir} - местная кинематическая погрешность; $f_{z\sigma r}$ - циклическая погрешность зубцовой частоты колеса; f_{pbr} - отклонение шага зацепления; f_{fr} - погрешность профиля зуба; f_{ptr} - отклонение шага (углового); f'_{ir} - колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе; f_{zkr} - циклическая погрешность зубчатого колеса. Допуски или предельные отклонения обозначают аналогичное указанному в примечаниях к табл. 5.4. Например, f'_i - допуск на местную кинематическую погрешность и т. д. 3. Контроль плавности работы передачи необязателен, если точность зубчатых колес по нормам плавности соответствует требованиям стандартов. 4. При соответствии плавности работы передачи требованиям стандартов контроль плавности работы зубчатых колес не является необходимым. 5. Показатель точности $f_{z\sigma r}$ - применяется при контроле с измерительным зубчатым колесом. 6. В качестве показателя плавности работы зубчатого колеса взамен отклонения шага f_{ptr} может применяться разность шагов f_{vptr}

* Только для зубчатых колес и передач с $t \geq 1$ мм.

** Допускается применять до 1985 г.

5.6. Показатели контакта зубьев для цилиндрических зубчатых колес и передач по ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) и ГОСТ 9178- SI (СТ СЭВ 642-77)

Контролируемый объект	Показатель точности или комплекс	Обозначение допусков и отклонений	Степень точности	
			\wedge m 1mm	\vee m 1mm
Зубчатая передача	f_{xr}^*, f_{yr}^*	f_x, f_y	3-12	3-12
	Суммарное пятно контакта	-	3-11	3-8
	Мгновенное пятно контакта		3-11	-
Зубчатое колесо с ε_β^{**} , менее указанного в п. 1 примечаний табл. 5.5	F_{kr}	F_β	3-12	3-12
		F_k	3-12	-

Зубчатое колесо с ε_β^{***} , большим или равным ука- занному в п. 1 примечаний табл. 5.5	F_{pxnr}, F_{kr} F_{pxnr}, f_{pbr}	\pm, F_k $\pm F_{pxn}, f_{pb}$	3-9 3-9	-
--	---	-------------------------------------	------------	---

Примечания: 1. Показатели контакта зубьев зубчатых колес с $m \geq 1$ мм устанавливаются в зависимости от граничных значений номинального коэффициента осевого перекрытия i'_{ft} (см. п. 1 примечаний табл. 5.5). 2. Принятые обозначения: f_{xr} - непараллельность осей; f_{yr} - перекося осей; F_{pxnr} - отклонение осевых шагов по нормали; F_{kr} - погрешность формы и расположения контактной линии; f_{pbr} - см. примечания к табл. 5.5; $F_{\beta r}$ - погрешность направления зуба. Допуски или предельные отклонения обозначают аналогично указанному в примечаниях к табл. 5.4. Например, F_{pxn} - предельное отклонение осевых шагов по нормали (+ верхнее, - нижнее) и т. д. 3. Если точность зубчатых колес по нормам контакта и действительные значения f_{xr} и f_{yr} соответствуют требованиям стандартов, контроль пятна контакта в передаче не является обязательным. 4. Если суммарное или мгновенное пятно контакта отвечает требованиям стандартов то нет необходимости производить контроль по другим показателям, определяющим контакт зубьев в передаче. 5. Допускается оценивать точность зубчатого колеса по суммарному или мгновенному пятну контакта его зубьев с зубьями измерительного зубчатого колеса. 6. На винтовые передачи ($m < 1$ мм) нормы f_x и f_y и суммарного пятна контакта не распространяются. Для таких передач взамен f_x и f_y назначается допуск на угол скрещивания осей; допуск принимается равным f_x .

* Комплекс только для передач с нерегулируемым расположением осей.
** Для степеней точности 9-12 при любом ε_β , зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм.
*** Для степени точности 9 при любом ε_β зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм.

5.7. Нормы кинематической точности.

Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

Зубчатые колеса с $m < 1$ мм											
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм									
		до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 200	св. 200 до 315	св. 315 до 400	
		Допуски F_r , мкм									

4	От 0.1 до 0.5 Св. » 1 0.5	4 6	5 6	6 7	7 8	8 9	9 10	10 12	- 14	- 15
5	От 0.1 до 0.5 Св. » 1 0.5	7 9	8 10	9 11	10 12	12 14	14 16	16 19	- 22	- 22
6	От 0.1 до 0.5 Св. » 1 0.5	11 15	12 16	14 18	16 20	19 22	22 25	26 30	- 35	- 36
7	От 1 до 0.5 Св. » 1 0.5	16 21	18 22	20 24	22 26	26 30	30 36	36 42	- 48	- 50
8	От 1 до 0.5 Св. » 1 0.5	19 26	21 28	25 30	28 34	32 38	38 45	45 50	- 55	- 63
9	От 1 до 0.5 Св. » 1 0.5	24 34	26 36	30 40	36 45	42 50	48 55	55 63	- 77	- 90
10	От 1 до 0.5 Св. » 1 0.5	30 42	34 45	38 50	45 55	53 60	60 70	70 80	- 95	- 110
11	Св. до 1 0.5	50	55	63	70	80	90	105	120	140
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм										
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм								
		до 125			св. 125 до 400			св. 400 до 800		
		Допуски F_r , мкм								
4	От 1 до 3.5	10			15			18		
	Св. 3.5 » 6.3	11			16			20		
	» 6.3 » 10	13			18			22		
5	От 1 до 3.5	16			22			28		
	Св. 3.5 » 6.3	18			25			32		
	» 6.3 » 10	20			28			36		
6	От 1 до 3.5	25			36			45		
	Св. 3.5 до 6.3	28			40			50		
	» 6.3 » 10	32			45			56		
7	От 1 до 3.5	36			50			63		
	Св. 3.5 » 6.3	40			56			71		
	» 6.3 » 10	45			63			80		
8	От 1 до 3.5	45			63			80		
	Св. 3.5 » 6.3	50			71			90		
	» 6.3 » 10	56			80			100		

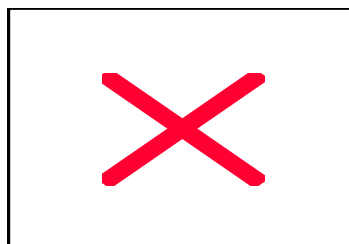
Продолжение табл. 5.7

Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм				
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм		
		до 125	св. 125 до 400	св. 400 до 800
		Допуски F , мкм		
9	От 1 до 3.5	71	80	100
	Св. 3.5 » 6.3	80	100	112
	» 6.3 » 10	90	112	125
10	От 1 до 3.5	100	112	125
	Св. 3.5 » 6.3	125	140	140
	» 6.3 » 10	140	160	160
11	От 1 до 3.5	125	140	160
	Св. 3.5 » 6.3	160	180	180
	» 6.3 » 10	180	200	200

Примечания: 1. Радиальным биением зубчатого венца F_{rr} (допуск F_r) называется наибольшая в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (см. рис. к табл. 5.2) одиночного зуба или впадины, условно наложенного на профили зубьев колеса. Практически F_{rr} определяется разностью расстояний до постоянных хорд зубьев (см. рис. к табл. 6.29). 2. Допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса рассчитывается по формуле

$$F'_i = F_p + f_f,$$

где F_p определяется по табл. 5.8 в зависимости от степени по нормам кинематической точности; f_f определяется по табл. 5.9 в зависимости от степени точности по нормам плавности работы. Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{ir} (ограниченная допуском F'_i) - наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса (ведомого измерительным колесом) в пределах его полного оборота (см. рисунок). 3. Значения F_r для степеней точности 3 и 12, а также значения F_r (при $m \geq 1$ мм) для $d > 800$ мм и $m > 10$ мм см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81



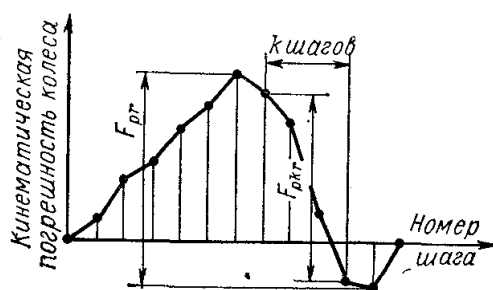
5.8. Нормы кинематической точности. Допуски на накопленную погрешность шага зубчатого колеса F_p и на накопленную погрешность, к шагов F_{pk}
по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

Степень точности	Модуль m , мм	Обозна- чения	Делительный диаметр * r_i , мм								
			до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 200	св. 200 до 315	св. 315 до 400
			Допуски, мкм								
4	$m < 1$	F_p	6	7	8	9	10	12	14	16	18
		F_{pk}	5	6	7	8	9	10	12	14	16
5		F_p	10	11	12	14	16	19	22	25	30
		F_{pk}	7	10	11	12	14	16	19	22	25
6		F_p	16	17	19	22	25	30	36	40	45
		F_{pk}	11	16	17	19	22	25	30	35	40
7		F_p	22	24	26	30	35	42	50	56	63
8		F_p	32	34	38	42	50	60	70	80	90
Степень точности	Модуль m , мм	Длина дуги делительной окружности L (мм) для F_{pk}									
		до 11.2	св. 11.2 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 160	св. 160 до 315	св. 315 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1600
		Делительный диаметр d (мм) для F_p									
		-	до 12.7	св. 12.7 до 20.4	св. 20.4 до 31.8	св. 31.8 до 50.9	св. 50.9 до 101.8	св. 101.8 до 200.5	св. 200.5 до 401.1	св. 401.1 до 636.6	св. 636.6 до 1019
		Допуски F_p или F_{pk} мкм									
4	1-10	4,5	6	8	9	10	12	18	25	32	40
5	1-16	7	10	12	14	16	20	28	40	50	63
6	1-16	11	16	20	22	25	32	45	63	80	100
7	1-25	16	22	28	32	36	45	63	90	112	140
8	1-25	22	32	40	45	50	63	90	125	160	200

Примечания: 1. Накопленная погрешность шага по зубчатому колесу F_{pr} (допуск F_p) - наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей, найденных для всех значений k в пределах от 2 до $z/2$ (см. рисунок). Накопленная погрешность k шагов F_{pk} (допуск F_{pk})

- кинематическая погрешность зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов, где k - целое число в пределах от 2 до $z/2$ (см. рисунок); $F_{pr} = [\varphi - (2\pi/z) k] r$, где r - радиус делительной окружности. 3. При отсутствии специальных требований допуск F_{pk} назначается для длины дуги делительной окружности, соответствующей 1/6 части числа зубьев колеса (или дуги, соответствующей ближайшему большему целому числу зубьев). 4. Значения F_p и F_{pk} для 3-й степени точности и при $d > 1019$ мм см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81.

* При назначении F_{pk} - длина дуги делительной окружности (см. примечание 2).



5.9. Нормы плавности работы. Допуски на местную кинематическую погрешность f'_i , предельные отклонения шага $\pm f_{pt}$, допуски на погрешность профиля f_f
по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

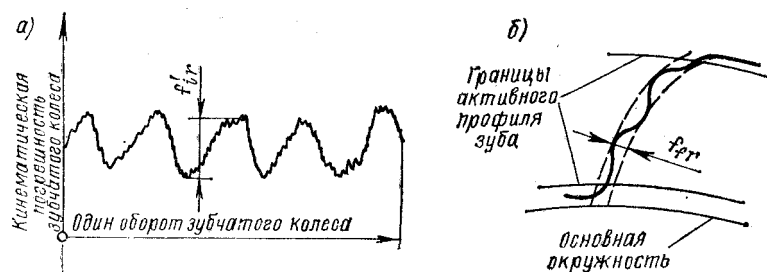
Зубчатые колеса с $m < 1$ мм											
Обозначение допусков и отклонений	Модуль m , мм	Степени точности									
		4	5	6	7	8	9	10	11		
		Допуски и отклонения, мкм									
f_i	От 0.1 до 0.5	6	9	14	20	26	-	-	-		
	Св. 0.5 » 1	7	10	16	22	30	-	-	-		
f_{pt}	От 0.1 до 0.5	+4	+6	±8	+11	+16	+22	+32	-		
	Св. 0.8 » 1	±4	±6	±9	±13	±18	±25	±34	±48		
f_f	От 0,1 до 0,6	3	5	7	9	11	-	-	-		
	Св. 0,6 » 1	4	6	8	10	13	-	-	-		
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм											
Степень точности	Обозначение допусков и отклонений	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм			Степень точности	Обозначение допусков и отклонений	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм		
			до 125	125 св. до 400	400 св. до 800				до 125	125 св. до 400	400 св. до 800
			Допуски и отклонения, мкм						Допуски и отклонения, мкм		
4	f_i	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	9 10 12	10 12 14	12 14 16	5	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±6 ±8 ±9	+7 ±9 ±10	±8 ±9 ±11
	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±4 ±5 ±5.5	±4,5 ±5.5 ±6	±6 ±5,5 ±7		f_f	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	6 7 8	7 8 9	9 10 11

	f_f	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	4,8 5,3 6.0	8,3 6,0 6,5	6,5 7,0 7.5		f_i	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	18 22 28	20 25 30	25 28 32
5	f_i	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	12 16 18	14 18 20	18 20 22	6	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±10 ±13 ±14	±11 ±14 ±16	±13 ±14 ±18

Продолжение табл. 5.9

Степень точности	Обозначение допусков и отклонений	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм				Степень точности	Обозначение допусков и отклонений	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм			
			до 125	125 св. до 400	400 св. до 800	до 125				125 св. до 400	400 св. до 800		
			Допуски и отклонения, мкм							Допуски и отклонения, мкм			
6	f_f	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	8 10 12	9 11 13	12 14 16	8	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±20 ±25 ±28	±22 ±28 ±32	±25 ±28 ±36		
		От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	25 32 36	30 36 40	36 40 50			От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	14 20 22	18 22 28	25 28 36		
7	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±14 ±18 ±20	±16 ±20 ±22	±18 ±20 ±25	9	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±28 ±36 ±40	±32 ±40 ±45	±36 ±40 ±50		
		От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	11 14 17	13 16 19	17 20 24			10	f_{pt}	От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±40 ±50 ±56	±45 ±56 ±63	±50 ±56 ±71
		От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	36 45 50	40 50 60	50 56 71					От 1 до 3.5 Св. 3.5 до 6.3 Св. 6.3 до 10	±56 ±71 ±80	±63 ±80 ±90	±71 ±80 ±100

Примечания: 1. Местная кинематическая погрешность f'_{ir} (допуск f'_i) - наибольшая разность между местными соседними максимальными и минимальными значениями кинематической погрешности зубчатого колеса за один оборот (см. рис. а). Отклонение шага f_{ptr} (предельные отклонения $\pm f_{pt}$) - кинематическая погрешность колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг;



$$f_{ptr} = \left(\varphi - \frac{2\pi}{z} \right) \frac{d}{2}, \text{ где } \varphi - \text{действительный угол поворота колеса на один угловой шаг.}$$

Погрешность профиля зуба f_{pr} (допуск ff) - расстояние по нормали между двумя номинальными торцовыми профилями, между которыми размещается действительный торцовый активный профиль зуба колеса (см. рис. б). 2. При установлении допуска на разность любых шагов f_{vpt} в пределах зубчатого колеса взамен предельных отклонений шага f_{pt} значение f_{vpt} не должно превышать $1,6 |f_{pt}|$. 3. Допуск на местную кинематическую погрешность передачи принимается $f'_{io}=1.25f'_i$. 4. При установлении допуска на среднюю величину местных кинематических погрешностей в пределах зубчатого колеса с $m < 1$ мм (циклическую погрешность) его значение не должно превышать $0.5f'_i$. 5. Значения допусков и отклонений для 3-й и 12-й степеней точности, а также при делительных диаметрах $d > 800$ мм и $m > 10$ мм см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81.

5.10. Нормы контакта зубьев в передаче. Суммарное пятно контакта, допуски на непараллельность f_x , перекос f_y осей и направление зуба F_β по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

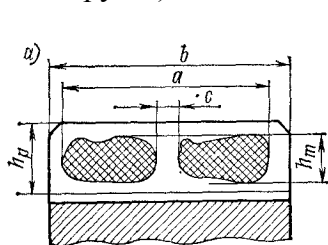
Зубчатые колеса с $m < 1$ мм									
Обозначение допусков	Ширина зубчатого венца b_w мм	Степень точности							
		4	5	6	7	8	9	10	11
		Суммарное пятно контакта, %; допуски f_x, f_y, F_β мкм							
Суммарное	По высоте зуба, не менее	55	50	50	40	40	-	-	-
	По длине зуба, не менее	75	70	70	50	50	-	-	-
f_x	До 10	5	6	7	9	13	18	25	36
	Св. 10 до 20	5	7	9	11	15	22	30	45
	» 20 » 40	6	7	9	11	17	24	34	48
f_y	До 10	2	3	4	5	7	9	12	18
	Св. 10 до 20	3	3	4	5	8	11	15	22
	» 20 » 40	3	4	5	6	9	12	17	24
F_β	До 10	5	6	7	9	13	18	25	36
	Св. 10 до 20	5	7	9	11	15	22	30	45
	» 20 » 40	6	7	9	11	17	24	34	48
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм									

Обозначение допусков	Ширина зубчатого венца b_w мм	Степень точности							
		4	5	6	7	8	9	10	11
		Суммарное пятно контакта, %; допуски f_x, f_y, F_β мкм							
Суммарное пятно контакта	По высоте зуба, не менее	60	55	50	45	40	30	25	20
	По длине зуба, не менее	90	80	70	60	50	40	30	25
f_x	До 40	5.5	7	9	11	18	28	45	71
	Св. 40 до 100	8	10	12	16	25	40	63	100
	» 100 до 160	10	12	16	20	32	50	80	125
	» 160 » 250	12	16	20	25	40	63	100	160
	» 250 » 400	14	18	25	28	45	71	112	180
	» 400 » 630	18	22	28	32	56	90	140	224
f_y	До 40	28	4	45	56	9	14	22	36
	Св. 40 до 100	4	5	63	8	12	20	32	50
	» 100 » 160	5	63	8	10	16	25	40	63
	» 160 » 250	6	8	10	12	20	30	50	80
	» 250 » 400	7.1	9	12	14	22	36	56	90
	» 400 » 630	9	11	14	Г6	28	45	71	112

Продолжение табл. 5.10

Обозначение допусков	Ширина зубчатого венца b_w мм	Степень точности							
		4	5	6	7	8	9	10	11
		Суммарное пятно контакта, %; допуски f_x, f_y, F_β мкм							
F_β	До 40	5.5	7	9	11	18	28	45	7
	Св. 40 до 100	8	10	12	16	25	40	63	10
	» 100 » 160	10	12	16	20	32	50	80	12
	» 160 » 250	12	16	20	25	40	63	100	16
	» 250 » 400	14	18	25	28	45	71	112	18
	» 400 » 630	18	22	28	32	56	90	140	22

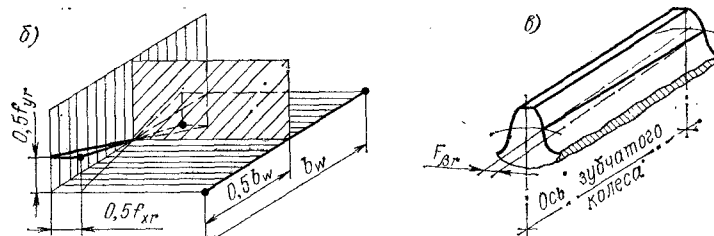
Примечания: 1. Суммарное пятно контакта - часть активной боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания его к зубьям парного колеса после вращения передачи под нагрузкой (или в соответствии со специальными требованиями по нагрузке). Относительные размеры пятна контакта (см. рис. а):



по высоте $-\frac{h_m}{h_p} 100\%$; по длине $-\frac{(a-c)\cos\beta}{b} 100\%$,

где c учитывается, если $c > m$; β - угол наклона линии зуба. Непараллельность f_{xr} (допуск f_x) и перекося осей f_{yr} (допуск f_y) определяются в линейных единицах (мкм) на длине, равной рабочей ширине венца или полушеврона (см. рис. б). F_β - расстояние по нормали между двумя ближайшими друг к другу номинальными делительными

линиями зуба, между которыми размещается действительная делительная линия зуба, соответствующая рабочей ширине венца (см. рис. в). 2 При $m \geq 1$ мм для передач 7-11 степеней точности с числом зубьев колеса, не равным и не кратным числу зубьев шестерни, допускается уменьшение относительных размеров мгновенного пятна контакта зубьев. Предельные относительные размеры мгновенного пятна контакта в этом случае должны быть не менее 75% соответствующих размеров суммарного пятна контакта.



Мгновенное пятно контакта - часть активной боковой поверхности зуба большого колеса передачи, на которой располагаются следы прилегания его к зубьям меньшего колеса, после поворота большого колеса на один оборот при легком торможении. 3. При контроле с измерительным зубчатым колесом относительные размеры суммарного пятна контакта должны быть соответственно увеличены по сравнению с указанными в таблице. 4. Значения f_x , f_y и F_β (для зубчатых колес с $m \geq 1$ мм) справедливы для определенных модулей в соответствии со степенью точности по нормали контакта зубьев: при 4-й степени точности - для модулей от 1 до 10 мм, 5-й и 6-й - от 1 до 16 мм, 7-й - от 1 до 25 мм; 8-й - от 1 до 40 мм; 9-й, 10-й 11-й - от 1 до 55 мм. 5. При $m < 1$ мм размеры пятна контакта и значения f_x , f_y и F_β для степеней точности 3, 12 см. ГОСТ 9178-81. При $m \geq 1$ мм размеры пятна контакта, значения f_x , f_y и F_β для степеней точности 3, 12, а также значения f_x , f_y и F_β при ширине зубчатого венца более 630 мм см. ГОСТ 1643-81.

При пользовании табл. 5.7-5.10 необходимо учитывать следующее:

1. Для шевронных зубчатых колес с $t \geq 1$ мм наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей шага (т. е. взятых со своим знаком) на одноименных боковых поверхностях зубьев двух полушевронов, в любом общем для них осевом сечении, не должна превышать допуска на накопленную погрешность шага F_p (табл. 5.8).

2. В зависимости от условий работы зубьев по правым и левым профилям допускается назначать для них допуски и отклонения из разных степеней точности: по нормам кинематической точности (табл. 5.7, 5.8), кроме F_r ; по нормам плавности (табл. 5.9); по нормам контакта (табл. 5.10), кроме f_x и f_y . Для нерабочих боковых поверхностей зубьев или поверхностей, используемых при пониженных нагрузках и в течение ограниченного времени, допускается снижение точности на две степени. Если производится корректировка параметров зацепления с целью улучшения эксплуатационных характеристик под нагрузкой, то отклонения и допуски по ГОСТ и СТ СЭВ могут устанавливаться относительно скорректированных значений параметров. Тогда способ определения пятна контакта, его относительные размеры и место положения определяются конструктором; нормы на суммарное пятно контакта для таких поверхностей допустимо устанавливать независимо от указанных значений по табл. 5.10.

3. Проверка зубчатых колес и передач по всем показателям установленных комплексов контроля не является обязательной, если изготовитель существующей у него системой контроля точности производства гарантирует выполнение соответствующих требований стандарта.

4. Требования к точности зубчатого колеса установлены относительно рабочей оси, вокруг которой вращается зубчатое колесо в передаче. При назначении в чертеже зубчатого колеса требований к его точности относительно другой базы

5.11. Средства измерения цилиндрических зубчатых колес [10, 13]

Измеряемый элемент	Средства измерения	
	специальные	универсальные

Кинематическая и циклическая погрешности	Приборы для контроля кинематической погрешности, волномеры	-
Накопленная погрешность шага	Прибор для поэлементного контроля, приборы для контроля накопленной погрешности шага	Теодолиты, лимбы, делительные диски, делительные «головки - все с применением рычажно-чувствительного прибора
Измерительное межосевое расстояние		Штихмасы
Радиальное биение зубчатого венца	Приборы для контроля измерительного межосевого расстояния, для поэлементного контроля	
Основной шаг (шаг зацепления)	Биениемеры	Плита с центрами, ролики и рычажно-чувствительный прибор
Профиль зубьев	Шагомеры для основного шага	Штангенциркуль, микрометрический нормалемер
Суммарное пятно контакта	Эвольвентомеры	Проекторы, большой инструментальный микроскоп
Направление зуба	Контрольно-обкатные станки	Контрольные приспособления в рабочем корпусе
Толщина зубьев, смещение исходного контура, длина общей нормали	Прибор для контроля направления зуба, ходомер и др.	Плита с центрами; ролик и рычажно-чувствительный прибор на стойке
	Зубомеры, нормалемеры, прибор для поэлементного контроля, прибор для контроля измерительного межосевого расстояния	Два ролика и микрометр, штангенциркуль, микрометрический нормалемер, жесткие предельные скобы

(например, оси отверстия), не совпадающей с рабочей осью, погрешность зубчатого колеса будет отличаться от его погрешности относительно рабочей оси. Погрешности измерительной базы должны быть учтены при назначении точности передачи или компенсированы введением уменьшенного производственного допуска.

5. В тех случаях, когда взаимозаменяемость колес необязательна, допускается принимать за номинальные следующие элементы одного из колес: 1) при $t < 1$ мм - среднее значение действительного направления зуба; при $t \geq 1$ мм - среднее значение действительного осевого шага или среднее значение действительного угла наклона линии зуба; 2) среднее значение действительного шага зацепления.

6. В табл. 5.11 приведены возможные средства измерения цилиндрических зубчатых колес. Типы, основные параметры и нормы точности приборов для контроля цилиндрических зубчатых колес см. ГОСТ 5368-81, который соответствует СТ СЭВ 1311-78.

ВЫБОР СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Выбор степени точности передачи производится конструктором на основе конкретных условий работы передачи и тех требований, которые к ней предъявляются (окружной скорости, передаваемой мощности, режима работы, требования к кинематической точности, плавности и бесшумности работы, долговечности и т. д.).

При выборе степеней точности рекомендуется использовать следующие методы [8]: расчетный, опытный и табличный. Наиболее предпочтительным является расчетный метод, при котором необходимая степень точности определяется на основе кинематического расчета погрешностей всей передачи и допустимого угла рассогласования по нормам кинематической точности; расчета динамики передачи, вибраций или шумовых явлений по нормам плавности работы и в некоторых случаях по нормам кинематической точности; расчета на контактную прочность и долговечность по нормам контакта и в некоторых случаях по нормам плавности [5, 6, 8].

Конкретизированные методики расчетов приводятся в отраслевых стандартах. Например, для кинематических передач кинематические погрешности звеньев F_{in} могут быть найдены при известной линейной погрешности ΔS_{BM} на радиусе r_{BM} ведомого выходного звена; при алгебраическом сложении [11]

$$\Delta S_{\text{вм}} = 0.5 \sum_n [F'_{in} \sin i_n^{-1}(\varphi + \beta_n) + F'_{in+1} \sin i_{n+1}^{-1}(\varphi + \beta_{n+1})] i_{n+1} \frac{r_{\text{вм}}}{r_{n+1}} \quad (5.3)$$

или, при сложении модулей векторов,

$$\Delta S_{\text{вм}} = \pm 0.5 \sum_n (F'_{in} + F'_{in+1}) i_{n+1} \frac{r_{\text{вм}}}{r_{n+1}} \quad (5.4)$$

где F'_{in} - кинематическая погрешность звена n ; n - номер ведущего звена в кинематической цепи ($n = 1, 3, 5, \dots$); i_n - передаточное отношение передачи от звена n до ведомого выходного звена; r_n - радиус звена n . На ведомом выходном звене угловая погрешность

$$\Delta \varphi_{\text{вм}} = \frac{\Delta S_{\text{вм}}}{r_{\text{вм}}} 206 \text{ с} \quad (5.5)$$

При опытном методе степень точности вновь проектируемой передачи принимают аналогичной степени работающей передачи, для которой имеется положительный опыт эксплуатации.

При табличном методе выбора степеней точности используют обобщенные рекомендации и таблицы, в которых содержатся примерные значения окружных скоростей для каждой степени точности и примеры использования норм точности.

При выборе степеней точности до выхода специальных методических указаний по внедрению ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81 можно ориентироваться на данные табл. 5.12 ($t \geq 1$ мм), 5.13 и 5.14, имея в виду, что в табл. 5.12 указаны степени точности по ГОСТ 1643-72, а в таблице 5.14 - степени точности по ранее действовавшему ГОСТу.

Области применения комбинирования норм по степеням точности должны устанавливаться отраслевыми стандартами, при этом нормы плавности работы цилиндрических колес с $t < 1$ мм могут быть не более, чем на одну степень точнее или грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться на одну степень точности грубее норм плавности колес и передач.

При $t \geq 1$ мм нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач, а также и на одну степень грубее норм плавности.

Сопоставление допусков некоторых параметров производится по ГОСТ 1643-81, ГОСТ 9178-81 и ГОСТ 1643-72, ГОСТ 9178-72.

Области распространения стандартов на допуски цилиндрических зубчатых колес и передач по ГОСТ 9178-72 (зубчатые колеса с модулем $m < 1$ мм) и ГОСТ 1643-72 (колеса с $t \geq 1$ мм) аналогичны указанным для колес и передач соответственно по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81 (см. раздел 5.2).

Виды сопряжения, виды допусков бокового зазора, обозначения степеней точности, вида сопряжения, и вида допуска бокового зазора

зубчатых колес по ГОСТ 9178-72 и ГОСТ 1643-72 совпадают с указанными для колес по стандартам 1981 г. (см. раздел 5.2).

Основные формулы и коэффициенты, принятые в рассматриваемых ГОСТах для расчета предельных отклонений и допусков по нормам кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев в зависимости от геометрических параметров зубчатых колес, за некоторыми исключениями (например, для расчета допуска на циклическую погрешность зубцовой частоты в передаче $f_{z\alpha}$) также совпадают.

ГОСТ 9178-72 и ГОСТ 1643-72 имеют структуру, аналогичную соответствующим новым ГОСТам и отличаются от последних в основном интервалами модулей, делительных диаметров и поэтому несколько измененными значениями допусков, и отклонений параметров. Эти отличия в большей степени характерны для зубчатых колес с $t \geq 1$ мм.

Для облегчения выбора степеней, точности передачи с учетом имеющегося опыта применения разработанных ГОСТ 9178-72 и ГОСТ 1643-72 ниже приводятся данные сопоставления допусков на радиальное биение F_r , накопленную погрешность шага колеса F_p , местную кинематическую погрешность колеса f'_i , погрешности профиля f_i , и направления зуба F_β для зубчатых колес 5-9-й степеней точности с модулями до 10 мм и делительными диаметрами до 800 мм по новым и старым ГОСТам.

Для мелко модульных ($s \cdot t < 1$ мм) зубчатых колес 5-9-й степеней точности допуски F_r делительного диаметра до $d = 280$ мм полностью совпадают. В интервале d от 280 до 400 мм допуски F_r по ГОСТ 9178-81 несколько меньше и составляют 79-91 % по отношению к допускам по ГОСТ 9178-72.

Допуски F_p до $d = 280$ мм практически совпадают, для диаметров от 280 до 400 мм допуски по новому ГОСТу меньше и. составляют 83-98 % по отношению к допускам по ГОСТ 9178-72.

Допуски f'_i , f_f для мелко модульных зубчатых колес 5-8-й степеней точности полностью совпадают.

5.12. Рекомендации по применению степеней точности и методов обработки для зубчатых колес при $t > 1$ мм [8]

Степень точности	Условие работы и применение	Окружная скорость, м/с		К. п. д., не ниже	Метод нарезания зубьев	Окончательная обработка рабочей поверхности (профилей) зубьев
		Прямозубые колеса	Непрямозубые колеса			

3(особо прецизионные)	Зубчатые колеса для передач с особо прецизионной согласованностью вращения * или работающих при особо высоких скоростях с наибольшей плавностью и бесшумностью **: зубчатые колеса особо прецизионных механизмов, особо высокоскоростных передач (турбинные), измерительные колеса для контроля зубчатых колес 5, 6-й степеней точности	. 40	Св	С	0,99 (0.985 ***)	Обкатка на особо прецизионных станках с весьма малой циклической ошибкой	Особо тщательное шлифование и доводка. Для больших незакаленных колес после фрезерования обработка прецизионными червячными фрезами или одностороннее шевингование
4 (особо прецизионные)	Зубчатые колеса для особо прецизионных делительных механизмов * или передачи, работающие при весьма высоких скоростях и требующие наибольшей плавности и бесшумности **: зубчатые колеса особо прецизионных делительных механизмов, высокоскоростных турбинных передач, измерительные колеса для зубчатых колес 7-й степени точности	. 36	Св	С	0.99 (0.985 ***)	Обкатка на прецизионных станках с очень малой циклической ошибкой	Тщательное шлифование. Для больших зубчатых колес - фрезерование прецизионными червячными фрезами и притирка или одностороннее шевингование

5 (прецизионные)	Зубчатые колеса для прецизионных делительных механизмов *; работающие при высоких скоростях, требующие высокой плавности и бесшумности **: зубчатые колеса прецизионных механизмов; турбинных передач; измерительные колеса для колес 8, 9-й степеней точности	Св. 20	Св. 40	0,99 (0,985 ***)	Обкатка на прецизионных станках с малой циклической ошибкой	Тщательное шлифование. Для больших колес фрезерование прецизионными и червячными фрезами, далее притирка или шевингование
6 (высокоточные)	Зубчатые колеса для плавной работы на высоких скоростях, требующие наиболее высокого к. п. д. и бесшумности **, зубчатые колеса делительных механизмов *: особо ответственные зубчатые колеса - авиа-, автостроения, особо точные передачи на устройства с отсчетом	До 15	До 30	0,99 (0,985 ***)	Обкатка на точных станках	Тщательное шлифование или шевингование

7 (точные)	Зубчатые колеса при повышенных скоростях и умеренных мощностях или наоборот **: зубчатые колеса подач в металлорежущих станках, где требуется согласованность движений *, колеса скоростных редукторов, авиа-, автостроения, передачи на устройства с отсчетом	До 10 о 15	До 0.98 (0,975 ***)	Обкатка на точных станках	Точным инструментом ; для сырых зубчатых колес рекомендуется, а для закаленных обязательна отделка (шлифование, шевингование, шевинг-обкатка, притирка* хонингование)
---------------	--	---------------	---------------------------	---------------------------	---

Продолжение табл. 5.12

Степень точности и	Условие работы и применение	Окружная скорость, м/с		К. п. д., не ниже	Метод нарезания зубьев	Окончательная обработка рабочей поверхности (профилей) зубьев
		Прямозубые колеса	Нормальные зубчатые колеса			
8 (средней точности)	Зубчатые колеса общего машиностроения, не требующие особой точности: колеса передач станков, не входящие в делительные цепи; неответственные зубчатые колеса авиа-, автостроения; колеса грузоподъемных механизмов, ответственные зубчатые колеса сельскохозяйственных машин; зубчатые колеса нормальных редукторов	До 6	До 10	0,97 (0.965 ***)	Обкатка или копирование инструментом профилированным в соответствии с действительным числом зубьев колеса	Зубья не шлифуются, при необходимости отделяются или притираются

9 (пониже нной то чности)	Зубчатые колеса, предназначенные для грубой работы, к которым не предъявляются требования нормальной точности; ненагруженные передачи, выполненные по конструктивным соображениям большими, чем следует из расчета	До 2	До 4	0.96 (0.95 ***)	Любой	Специальных отделочных операций не требуется
Примечание. Требования к шероховатости рабочей поверхности зубьев: Степень точности 3 4 5 6 7 8 9 Ra, мкм (не более) 0.63 0.63 0.63 0.63 1.25 - - Rz, мкм (» ») - - - - - 20 40						
* Степень точности по нормам плавности работы может быть на одну степень грубее. ** Степень по нормам кинематической точности может быть на одну степень грубее, если передача не многопоточная. *** К. п. д. в готовом редукторе, т. е. с подшипниками.						

5.13. Степени точности зубчатых колес, применяемых в различных изделиях [8, 10]

Вид изделия	Степень точности	Вид изделия	Степень точности	Вид изделия	Степень точности
Измерительные колеса	3-5 3-6	Автомобили: легковые	5-8	Прокатные станы	6-9 8-10
Редукторы турбин и турбомашин	3-7	грузовые	7-9	Шахматные лебедки	7-12
Металлорежущие станки	5-7	Тракторы	6-8	Крановые механизмы	8-12
Железнодорожный состав (пассажирский)		Редукторы общего назначения	6-8	Сельскохозяйственные машины	

5.14. Рекомендации по применению степеней точности и методов

обработки для цилиндрических зубчатых колес при $m < 1$ мм [2]

Степень точности	Условие работы и применение	Метод обработки зубьев для	Окончательная обработка рабочих
4, 5	Особо точные отсчетные зубчатые колеса с углами поворота, соответствующими отсчетным значениям при больших ценах оборота, с высокими требованиями к постоянству передаточного отношения и плавности работы. Измерительные колеса. Например, выходные звенья наиболее ответственных кинематических линий специальных счетно-решающих и отсчетных механизмов приборов управления и регулирования и других особо точных устройств	Зубофрезерование методом обкатки на кособо точных станках	Шевингование или шлифование червячным абразивом на высокоточном станке, полирование
6	Высокоточные отсчетные зубчатые колеса, углы поворота которых соответствуют отсчетным значениям при больших ценах оборота. Цилиндрические колеса, предназначенные для плавной работы при окружных скоростях более 8 м/с. Например, кинематические цепи счетно-решающих и отсчетных механизмов высокой точности; высокоточные приборы управления и регулирования; некоторые звенья гироскопических приборов и других высокоточных устройств	Зубофрезерование методом обкатки на станках высокой точности, холодная накатка высокоточными и накатниками	Для фрезерованных колес шевингование или шлифование червячным абразивом, притирка, полирование
7	Точные зубчатые колеса с углами поворота, соответствующими отсчетными значениями при средних ценах оборота. Цилиндрические колеса, предназначенные для плавной работы при окружных скоростях до 8 м/с. Например, кинематические цепи точных счетно-решающих и отсчетных механизмов; приборы управления и регулирования; гироскопические и другие точные приборы	Зубофрезерование и зубодолбление на точных станках, холодная накатка, волочение, протягивание	Для нарезанных колес: шевингование, шлифование червячным абразивом, обкатка, притирка, приработка

8	Зубчатые колеса средней точности, углы поворота которых соответствуют отсчетным значениям при малых ценах оборота. Цилиндрические колеса, предназначенные для работы при окружных скоростях до 5 м/с. Например, неотчетственные кинематические цепи счетно-решающих и отсчетных механизмов, приборов управления и регулирования; аэронавигационные и другие приборы и агрегаты средней точности	Зубофрезерование и зубодолбление на станках средней точности	Обкатка, притирка, при-работка
9, 10	Зубчатые колеса пониженной точности, предназначенные для работы в неотчетных кинематических цепях и при малых окружных скоростях (до 2 м/с и в ручных приводах). Например, всевозможные приборы и агрегаты, в которых зубчатые колеса не выполняют отсчетных функций и работают при низких окружных скоростях	Зубофрезерование и зубодолбление методом деления или методом обкатки на станках пониженной точности	Отделочных операций не требуется

Допуски F_b зубчатых колес с $t < 1$ мм 5-7-й степеней точности при ширине зубчатого венца b_w до 20 мм и колес 8 и 9-й степеней точности всех диапазонов b_w совпадают полностью. При ширине зубчатого венца от 20 до 40 мм допуски F_b колес 5-7-й степеней точности по ГОСТ 9178-81 составляют 87,5- 92 % по отношению к допускам по ГОСТу 1972 г.

Для зубчатых колес с $t \geq 1$ мм допуски по ГОСТ 1643-81 могут быть несколько больше (до 25 %, а для колес с малым делительным диаметром d - до 25-51 %) или меньше (до 20-25 %) соответствующих допусков по ГОСТ 1643-72 (в дальнейшем именуется ГОСТ).

Допуски F_r зубчатых колес 5-й степени точности в ГОСТ 1643-81 по отношению к допускам по ГОСТ 1643-72 составляют 78,5-106 % (при диаметре d до 50 мм-89-123%), 6-й степени точности - 80-112,5 % (89-119%), 7 и 8-й степеней точности-79-114% (90-120%), 9-й степени точности- 80-118% (113-151 %).

Допуски F_p зубчатых колес 5-й степени точности в ГОСТ 1643-81 по отношению к допускам ГОСТа составляют: для диаметров d от 12,7 до 20,4 мм 71-81 %; для диаметров от 20,4 до 101,8 мм -91-111 %; для диаметров от 101,8 до 125 мм - 127 %; для диаметров от 125 до 200,5 мм - 112 %; для диаметров от 200,5 до 315 мм - 133 %; для диаметров от 315 до 401,1 мм - 118 %; для диаметров от 401,1 до 500 мм - 147 %; для диаметров от 500 до 1000 мм - 125-126%.

Отношение допусков F_p зубчатых колес 6-й степени точности для указанных выше диапазонов диаметров равны: 73-91%; 94-114%; 132%; 112,5%; 140 %; 112,5 %; 143 %; 125-127 %; 7-й степени точности - 69-87,5 %; 94- 107%; 131%; 114%; 134%; 112,5%; 140%; 124-127%; 8-й степени точности - 71-89 %; 94-112,5 %; 134%; 112,5%; 132%; 114%; 145%; 125-128%.

Допуски f_f зубчатых колес 5-й степени точности в ГОСТ 1643-81 по отношению к допускам по ГОСТу составляют 86-112 % (для диаметров d от 280 до 400 мм - 78-82 %); 6-й степени точности - 80-109 % (75-87 %); 7-й степени точности-81-114% (76-94%); 8-й степени точности-82-114% (75-87 %).

Допуски f'_i зубчатых колес 5-й степени точности по ГОСТ 1643-81 по отношению к допускам по ГОСТу составляют 86-112 % (для диаметров d от 280 до 400 мм - 82-95 %); 6-й степени точности - 87,5-106 % (80-94 %);

7-й степени точности - 86-112 % (83-90%); 8-й степени точности-83-112% (80-89%).

Допуски F_b зубчатых колес 5-9-й степеней точности по ГОСТ 1643-81 по отношению к допускам по ГОСТу составляют при ширине зубчатого венца до 20 мм 87,5-92 %; при ширине зубчатого венца от 20 до 630 мм - 94- 105 %.

Ниже приводятся результаты сопоставления допусков F_r , F_p , f'_i , f_f ,

F_β для зубчатых колес 5-9-и степеней точности с модулями 2, 4, 10 мм и числом зубьев 20 и 80 по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 1643-72.

Отношения (здесь и далее - допуск по ГОСТ 1643-81 по отношению к допуску по ГОСТу) допусков F_τ зубчатых колес 5-й степени точности с $t = 2$ мм и числом зубьев 20 и 80 равны соответственно: 1,23 и 1,05; с $t = 4$ мм - 0,95 и 0,83; с $t = 10$ мм - 1,08 и 0,95; 6-й степени точности - 1,19 и 1,06; 0,93 и 0,83; 1,12 и 0,93; 7-й степени точности - 1,2 и 1,04; 0,95 и 0,84; 1,05 и 0,94; 8-й степени точности - 1,18 и 1,05; 0,94 и 0,83; 1,14 и 0,91; 9-й степени точности - 1,48 и 1,07; 1,19 и 0,95; 1,24 и 0,96.

Отношения допусков F_p зубчатых колес 5-й степени точности с $t = 2$ мм и числом зубьев 20 и 80 равны соответственно: 1 и 1,12; с $t = 4$ мм - 1,11 и 1,18; с $t = 10$ мм - 1,12 и 1,26; 6-й степени точности - 1 и 1,13; 1,14 и 1,13; 1,13 и 1,25; 7-й степени точности - 1 и 1,14; 1,07 и 1,12; 1,14 и 1,27; 8-й степени точности - 1 и 1,12; 1,12 и 1,14; 1,12 и 1,25.

Отношение допусков f_i зубчатых колес 5-й степени точности с $t = 2$ мм и числом зубьев 20 и 80 равны соответственно: 1 и 1, с $t = 4$ мм - 1 и 0,95; с $t = 10$ мм - 1,05 и 0,92; 6-й степени точности - 1,06 и 1; 1 и 0,89; 1,07 и 0,89; 7-й степени точности - 1,04 и 1,07; 1 и 0,9; 1 и 1; 8-й степени точности - 1,12 и 1; 1 и 0,89; 1 и 0,96.

Отношения допусков f_f зубчатых колес 5-й степени точности с $t = 2$ мм и числом зубьев 20 и 80 равны соответственно: 1 и 1, с $t = 4$ мм - 0,875 и 0,8; с $t = 10$ мм - 0,9 и 0,92; 6-й степени точности - 1 и 1; 1 и 0,85; 1 и 0,89; 7-й степени точности - 1 и 1,08; 1 и 0,84; 1 и 0,92; 8-й степени точности - 1,08 и 1,06; 1,05 и 0,785; 1 и 0,9.

Отношения допусков F_β зубчатых колес с шириной зубчатого венца до 40 мм, от 40 до 100 мм, от 100 до 160 мм для 5-й степени точности равны соответственно: 0,875; 1; 1; для 6-й степени точности - 0,9; 1; 1; для 7-й степени точности - 0,92; 1; 1; для 8-й степени точности - 0,9; 1; 1; для 9-й степени точности - 0,875; 1; 1.

11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы – освоение стандартного метода проектирования калибров

1. Общие положения

В соответствии с рекомендациями по контролю шлицевых соединений, содержащимися в СТ СЭВ 187—75 шлицевые соединения, как правило, контролируются комплексными проходными калибрами. Поэлементный контроль осуществляется непроходными калибрами. Вместо поэлементных калибров могут применяться измерительные приборы.

В спорных случаях контроль с применением комплексного калибра является решающим.

При использовании комплексных калибров шлицевое отверстие считается годным, если комплексный калибр-пробка проходит, а диаметры отверстия и ширина паза не выходят за установленные верхние пределы; шлицевый вал считается годным, если комплексный калибр-кольцо проходит, а диаметр вала и толщина зуба не выходят за установленные нижние пределы.

2. Обозначения

В стандартах СЭВ на калибры для прямобоочных шлицевых соединений приняты следующие обозначения:

D - номинальный наружный диаметр вала и втулки;

d - номинальный внутренний диаметр вала и втулки;

b - номинальная толщина зуба вала и ширина паза втулки;

D_{\max} - наибольший диаметр D вала;

D_{\min} - наименьший диаметр ГУ втулки;

d_{\max} - наибольший диаметр a вала;

d_{\min} - наименьший диаметр y втулки;

b_{\max} - наибольшая толщина зуба;

b_{\min} - наименьшая ширина паза;

D_k - номинальный наружный диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;

d_k - номинальный внутренний диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;

b_k - номинальная толщина зуба калибра-пробки и ширина паза калибра-кольца;

d_1 - номинальный наружный диаметр направляющей части калибра-пробки исполнения 1;

f - номинальная величина фаски;

h - рабочая высота зуба;

l - номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 1;

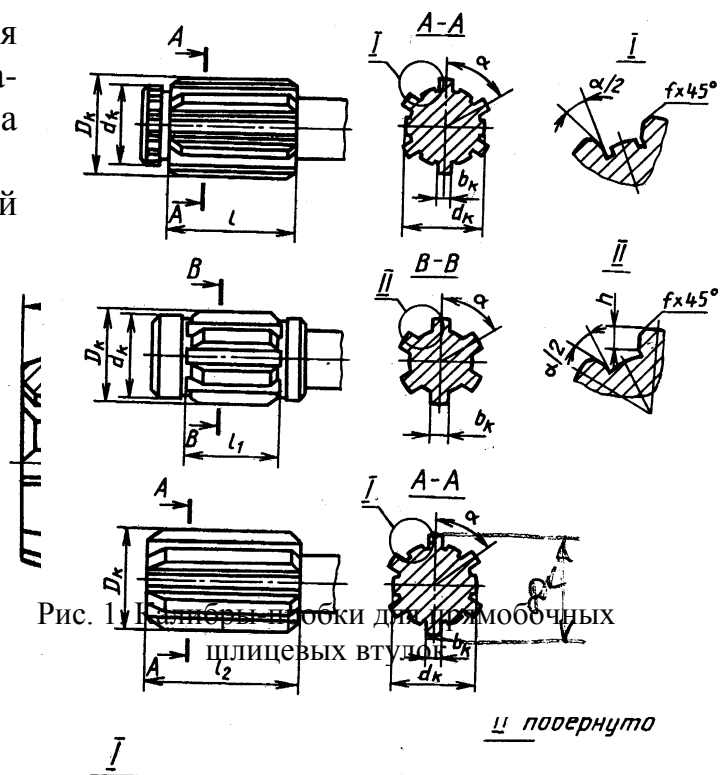
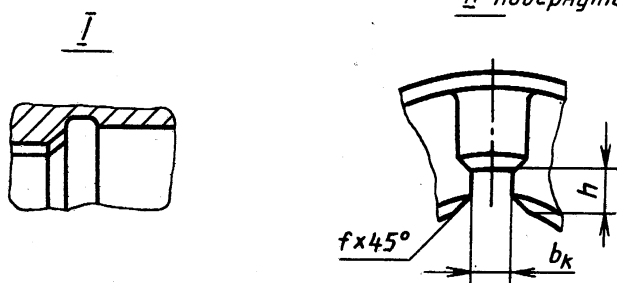


Рис. 1 Калибры-пробки для прямобоочных шлицевых втулок

II повернуто



l_1 - номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 2;
 l_2 - номинальная длина рабочей части калибра-пробки исполнения 3;
 l_3 - номинальная длина рабочей части калибра-кольца;
 r - номинальный радиус закругления;
 z - число зубьев;
 α - угловой шаг;
 D_{k-w} - предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
 d_{k-w} - предельные размеры изношенных- внутренних диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;
 b_{k-w} - предельные размеры изношенной толщины зуба калибра-пробки и изношенной ширины паза калибра-кольца;
 H_d, H_D - допуск на изготовление калибра-пробки по центрирующим диаметрам d и D ;
 $H_{D'}$ - допуск на изготовление калибра-пробки по нецентрирующему диаметру D ;
 H_b - допуск на изготовление калибра-пробки по толщине зуба b ;
 H_{1d}, H_{1D} - допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующим диаметрам d и D ;
 $H_{1D'}$ - допуск на изготовление калибра-кольца по нецентрирующему диаметру D ;
 H_{1b} - допуск на изготовление калибра-кольца по ширине паза b ;
 $Z_d, Z_D, Z_b, Z_{D'}$ - расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до соответствующего наименьшего предельного размера втулки;
 $Z_{1d}, Z_{1D}, Z_{1b}, Z_{1D'}$ - расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наибольшего предельного размера вала;
 Y_d, Y_D, Y_b - допустимый выход размера изношенного калибра-пробки за границу поля допуска втулки;
 Y_{1d}, Y_{1D}, Y_{1b} - допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала;
 es - верхнее отклонение вала;
 T_s - допуск симметричности зубьев или пазов калибра относительно оси поверхности d_k или D_k ;
 T_p - допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k или D_k .

Рис. 2. Калибр-кольцо для прямобочных шлицевых валов

3. Виды калибров

Виды и исполнения комплексных калибров в соответствии с СТ СЭВ 1922-79 приведены в табл.1.

4. Основные размеры

Основные размеры калибров-пробок должны соответствовать указанным на рис. 1 и в табл. 2.

Вместо фаски $f \times 45^\circ$ допускается закругление $r=f$ с соответствующими предельными отклонениями.

На направляющих поясах пробок допускаются канавки от подрезки зубьев.

Основные размеры калибров-колец должны соответствовать указанным на рис. 2 и в табл. 3.

Размеры D_k , d_k , b_k определяются в соответствии с СТ СЭВ 355—76 (см. п. 5).

5. Допуски

Расположение полей допусков размеров d_k или D_k калибров-пробок для центрирующих диаметров d или D показано на рис. 3. Допуски и величины, определяющие расположение полей допусков d_k или D_k калибров-пробок для центрирующих диаметров, приведены в табл. 4.

Расположение поля допуска размера b_k калибров-пробок при любом виде центрирования показано на рис. 4. Допуски и величины, определяющие расположение поля допуска размера b_k , приведены в табл. 5).

Расположение полей допусков размеров d_k или D_k комплексных калибров-колец при центрировании соединений по диаметрам d или D показано на рис. 5. Допуски и величины, определяющие расположение полей допусков d_k или D_k для этих случаев, приведены в табл. 6.

Расположение поля допуска размера b_k калибров-колец при любом виде центрирования соединения показано на рис. 6.

Допуски и величины, определяющие расположение поля допуска размера b_k , приведены в табл. 7.

Расположение полей допусков размеров D_k и d_k калибров-пробок и калибров-колец для нецентрирующих диаметров D и d показано на рис. 7.

Допуски и величины, определяющие расположение полей допусков размеров D_k и d_k для нецентрирующих диаметров, приведены в табл. 8.

Допуски симметричности T_s (в диаметральной выражении) зуба калибра-пробки или лаза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k (рис. 8) при центрировании по d или относительно оси поверхности D_k (рис. 9) при центрировании по D или b должны соответствовать указанным в табл. 9.

6. Условные обозначения калибров

На калибрах-пробках должно быть указано условное обозначение отверстия втулки, на калибрах-кольцах – условное обозначение вала по СТ СЭВ 187-75. Обозначение полей допусков следует производить в соответствии с табл. 11.

7. Пример расчета

Рассчитаем размеры калибр-пробок и калибр-колец для прямобочного шлицевого соединения

$$d - 6 \times 23 \frac{H7}{f7} \times 28 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{h9} \quad (1.1)$$

Для внутреннего центрирующего диаметра d необходимо определить допуски для втулки калибр-пробок и для вала калибр-колец.

Величины допусков для калибр-пробок берем из таблицы 4.

$$Z_d = 7,0, H_d = 6, Y_d = 16,0, ZD = 6,0, HD = 4,0, YD = 12,0$$

$$\begin{array}{ccc} \varnothing 23H7 \left(\begin{array}{c} +21 \\ 0 \end{array} \right) & \varnothing 28H12 \left(\begin{array}{c} +210 \\ 0 \end{array} \right) & 6D9 \left(\begin{array}{c} +60 \\ +30 \end{array} \right) \\ \varnothing 23f7 \left(\begin{array}{c} -20 \\ -41 \end{array} \right) & \varnothing 28a11 \left(\begin{array}{c} -300 \\ -400 \end{array} \right) & 6h9 \left(\begin{array}{c} 0 \\ -30 \end{array} \right) \end{array}$$

Строим расположение полей допусков

$$\begin{array}{cc} \varnothing 23 & H_d = 6 \\ Y_d = 16 & Z_d = 7 \end{array}$$

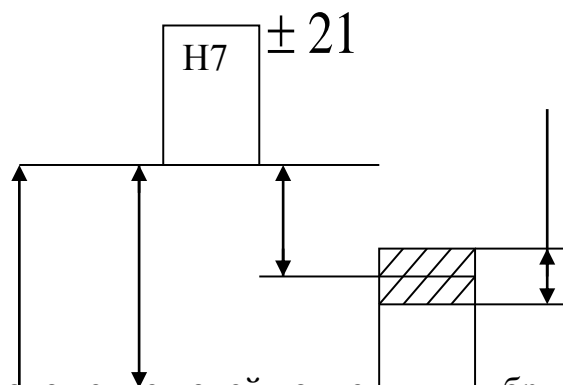


Рис.3. Расположение полей допусков калибр-пробки для размера $\varnothing 23H7$

Величины допусков калибр-колец берем из таблицы 6.

$$Z_1d = Z_1D = 60$$

$$H_1d = H_1D = 4$$

$$Y_1d = Y_1D = 12$$

Строим расположение полей допусков

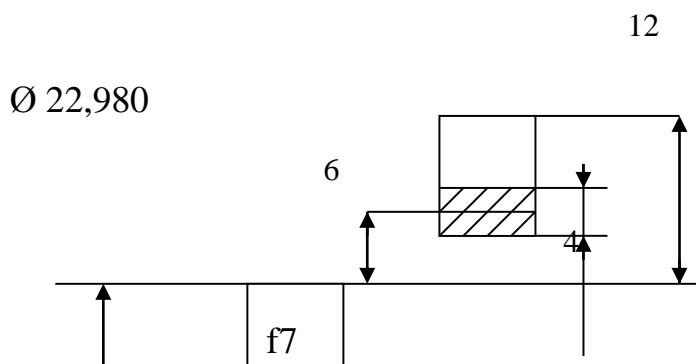


Рис.4. Расположение полей допусков калибр-кольца для размера $\varnothing 23f7$

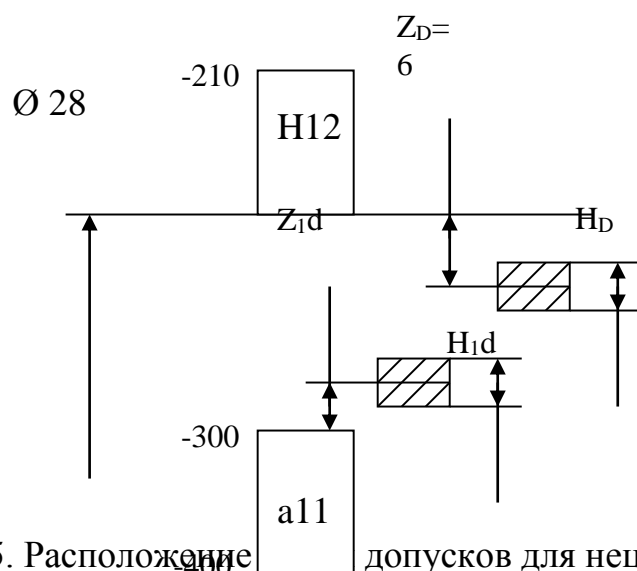
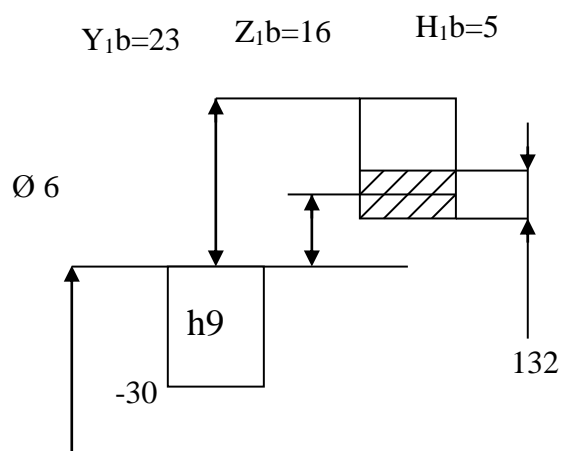
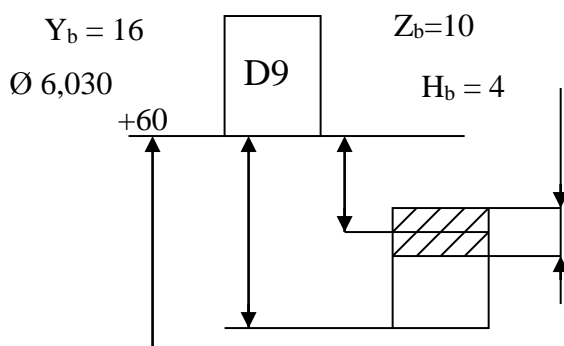


Рис.5. Расположение полей допусков для нецентрирующего диаметра $\frac{H12}{a11}$

Величины допусков калибров-пробок и калибров-колец для размера в берем из таблицы 5 и 7.

$$Z_b = 10, H_b = 4, Y_b = 16,0, Z_{1b} = 16, H_{1b} = 5, Y_{1b} = 23$$

Строим расположение полей допусков



а)

в)

Рис.6. Расположение полей допусков размера вк калибров-пробок (а) и калибров-колец (в)

Допуски расположения зубьев калибров-пробок и калибров-колец берем из таблицы 9.

Допуски симметричности и параллельности

Ряд А $T_S = 8$
 $T_P = 4$

Ряд В $T_S = 10$
 $T_P = 5$

Допуск на накопленную погрешность шага на диаметре $\frac{D_K + d_K}{2}$ равен 5 мкм при $l = 24$, табл. 2.

$$d_k = d_{\min} - Z_d = 23,000 - 0,007 = 22,993$$

$$b_k = b_{\min} - Z_b = 6,030 - 0,016 = 6,014$$

Выполнить эскиз пробки и кольца и проставить размеры с допусками.

8. Варианты заданий

1. $8 \times 36 \times 40 \times 7$

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{e8}$$

2. $10 \times 82 \times 88 \times 12$

$$D - 10 \times 82 \times 88 \frac{H7}{g6} \times 12 \frac{F8}{f7}$$

3. $6 \times 18 \times 22 \times 6,0$

$$D - 6 \times 18 \times 22 \frac{H7}{js6} \times 6 \frac{D9}{f7}$$

4. $8 \times 62 \times 72 \times 12$

$$d - 8 \times 62 \frac{H7}{f7} \times 72 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{h9}$$

5. $16 \times 52 \times 60 \times 5,0$

$$d - 16 \times 52 \frac{H7}{n6} \times 60 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{k7}$$

6. $20 \times 82 \times 92 \times 6,0$

$$d - 20 \times 82 \frac{H7}{js6} \times 92 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F10}{js7}$$

7. $20 \times 102 \times 115 \times 8,0$

$$b - 20 \times 102 \times 115 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{D9}{e8}$$

$$8. 10 \times 72 \times 78 \times 12,0$$

$$b - 10 \times 72 \times 78 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{F10}{d9}$$

$$9. 16 \times 56 \times 65 \times 5,0$$

$$b - 16 \times 56 \times 65 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F10}{f8}$$

9. Таблицы

Таблица 1. Виды и исполнения комплексных калибров для шлицевых прямобочных соединений (по СТ СЭВ 1922-79)

Номер вида калибра	Наименование вида калибра, исполнение	Чертеж	Применяемость
1	Калибры-пробки шлицевые прямобочные Исполнение 1 Исполнение 2 Исполнение 3		При центрировании по d , D или b и длине контролируемого отверстия не более $2l$ При центрировании по d и длине контролируемого отверстия не менее $1,5l_1$ При центрировании по D или b
2	Калибр-кольцо шлицевый прямобочный		

Таблица 2. Основные размеры комплексных калибров-пробок для 26 прямобочных шлицевых соединений (по СТ СЭВ 1922-79)

$z \times d \times D$	b	l	l_1	l_2	d_1		f		h -0,2
		Ряд			Но	Предельное	Ном	Преде	

						ми нал ьн ый раз ме р	отклонение при центрировании по		инал ьны й разм ер	льное откло нение																	
		A	B				<i>d</i>	<i>D, b</i>																			
6×11×14	3,0	12	25	16	36	11	-0,016 -0,034	-0,095 -0,205	0,2	+0,1	1,5																
6×13×16	3,5	16	30	20	40	13					2,0																
6×16×20	4,0			22	45	16																					
6×18×22	5,0	20		24	35	18	-0,020 -0,041	-0,110 -0,240			2,0																
6×21×25		24				21					1,5																
6×23×26	6,0					23		2,5																			
6×23×28						26					2,0																
6×26×30											3,0																
6×26×32											2,0																
6×28×32	7,0	30	40	28	55	28	-0,025 -0,050	-0,120 -0,280	3,0																		
6×28×34						32					2,0																
8×32×36	6,0										3,0																
8×32×38	36					3,0																					
8×36×40	7,0		45		60	36		-0,130 -0,290			2,0																
8×36×42											3,0																
8×36×46	8,0	36	50	40	65	42		0,4			4,0																
8×42×48						46					3,0																
8×46×50	9,0					52	-0,030 -0,060 -0,140 -0,330				4,0																
8×46×54											3,0																
8×52×58	10,0	40	55	42	70	56					3,0																
8×52×60						62					5,0																
8×56×62											12,0																
8×56×65																											
8×62×68	2,0																										
8×62×72																											
10×16×20	2,5	16	30	22	45	16	-0,016 -0,034	-0,095 -0,205	0,2		2,5																
10×18×23	3,0	20				18																					
10×21×26		24	35	25	50	21	-0,020 -0,041	-0,110 -0,240			3,0																
10×23×29	4,0					23																					
10×26×32	4,0		40	28	55	26		0,3			3,5																
10×28×35		5,0				30					28	4,0															
10×32×40	45		35	60	32	-0,120 -0,280	4,5																				
10×36×45		6,0					36	0,4			5,0																
10×42×52	36	50	40	65	42	-0,025 -0,050	-0,130 -0,290																				
10×46×56					7,0		46				3,0																
10×72×78	12,0	50		55	70	72	-0,030 -0,060					-0,150 -0,340															
10×72×82						82					5,0																
10×82×88				58								75															
10×82×92						92					3,0																
10×92×98	14,0																										
10×92×102												5,0															

10×102×108	16,0	60	63	45	80	102		-0,180 -0,400			3,0	
10×102×112											5,0	
10×112×120	18,0		68	50	85	112					4,0	
10×112×125											6,5	
16×52×60	5,0	40	50	40	65	52	-0,030 -0,060	-0,140 -0,330			4,0	
16×56×65			55	42	70	56					4,5	
16×62×72	6,0					62		-0,150 -0,340			5,0	
16×72×82	7,0				72							
20×82×92	6,0	50	58	40	75	82	-0,036 -0,071	-0,170				
20×92×102	7,0					92		-0,390				
20×102×115	8,0	60	63	45	80	102		-0,180		6,5		
20×112×125	9,0		68	50	85	112		-0,400				

Таблица 3. основные размеры калибров-колец для прямоугольных шлицевых соединений (по СТ СЭВ 1922-79)

$z \times d \times D$	b	l_s		l		h -0,2	
		Ряд		Номинальный размер	Предельное отклонение		
		А	В				
6×11×14	3,0	8	13	0,2	+0,1	2,0	
6×13×16	3,5	10					
6×16×20	4,0	12	15				2,5
6×18×22	5,0						
6×21×25		14	17				2,0
6×23×26							3,0
6×23×28	16		20			2,5	
6×26×30						0,3	3,5
6×26×32				0,2		2,5	
6×28×32						3,5	
6×28×34	7,0	22		0,3			2,5
8×32×36						6,0	
8×32×38							2,5
8×36×40							3,5
8×36×42	7,0						2,5
8×42×46			18				3,5
8×42×48		25				2,5	
8×46×50						4,5	
8×46×54	9,0	27		0,4			3,5
8×52×58						5,0	
8×52×60		20				3,5	
8×56×62						5,5	
8×56×65	12,0					2,5	
8×62×68						3,0	
8×62×72		30					
10×16×20	2,5	12	15	0,2			2,5
10×18×23	3,0						3,0

10×21×26		14	17			
10×23×29	4,0					3,5
10×26×32		16	20	0,3		4,0
10×28×35						4,5
10×32×40	5,0					5,0
10×36×45		18	25			5,5
10×42×52	6,0					3,5
10×46×56	7,0					5,5
10×72×78		22	30			3,5
10×72×82	12,0		35			5,5
10×82×88						3,5
10×82×92		24	37			5,5
10×92×98	14,0					3,5
10×92×102						5,5
10×102×108	16,0		40			3,5
10×102×112		27		0,4		5,5
10×112×120	18,0					4,5
10×112×125						7,0
16×52×60	5,0	18	27			4,5
15×56×65	5,0	20				5,0
16×62×72	6,0	22	30			
16×72×82	7,0		35			5,5
20×82×92	6,0	24	37			
20×92×102	7,0					
20×102×115	8,0	27	40			7,0
20×112×125	9,0					

Таблица 4. Допуски размеров d_k и D_k комплексных калибров-пробок для прямоблочных шлицевых соединений при центрировании по d или D (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальный диаметр d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d и D втулки	d_k			D_k		
		Z_d	H_d	Y_d	Z_D	H_D	Y_D
		МКМ					
Св. 10 до 18	IT6	3,0	3	7,5	2,5	2,0	5,5
> 18 > 30		3,5	4	9,5	3,0	2,5	7,0
> 30 > 50		4,0	4	10,0	3,0	2,5	7,0
> 50 > 80		4,5	5	12,0	3,5	3,0	8,0
> 80 > 120		6,0	6	15,0	5,0	4,0	11,0
> 120 > 180		7,0	8	19,0	5,5	5,0	13,0
> 10 > 18	От IT7 до IT10	6,5	5	14,0	5,5	3,0	10,0
> 18 > 30		7,0	6	16,0	6,0	4,0	12,0
> 30 > 50		8,5	7	19,0	7,0	4,0	13,0
> 50 > 80		9,0	8	21,0	7,5	5,0	15,0
> 80 > 120		11,0	10	26,0	9,0	6,0	18,0
> 120 > 180		12,0	12	30,0	10,0	8,0	22,0

Таблица 5. Допуски и расположение поля допуска размера b_k калибров-пробок для прямобочных шлицевых соединений (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальная ширина паза b , мм	Допуск размера втулки b	Z_b	H_b	Y_b
		мкм		
До 3 Св. 3 > 6 > 6 > 10 > 10 > 18	IT6	6	2,0	9,0
		8	2,5	12,0
		8	2,5	12,0
		10	3,0	14,5
До 3 > 3 > 6 > 6 > 10 > 10 > 18	От IT7 до IT10	8	3,5	12,5
		10	4,0	16,0
		12	4,0	18,0
		16	5,0	23,5

Таблица 6. Допуски и расположение полей допусков размеров d_k и D_k калибров-колец для прямобочных шлицевых соединений при центрировании по d или D (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальные диаметры d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d или D вала	$Z_{ld} = Z_{lD}$	$H_{ld} = H_{lD}$	$Y_{ld} = Y_{lD}$
		мкм		
Св. 10 до 18 > 18 > 30 > 30 > 50 > 50 > 80 > 80 > 120 > 120 > 180	IT6; IT7	5,5	3	10
		6,0	4	12
		7,0	4	13
		7,5	5	15
		9,0	6	18
		10,0	8	22
Св. 10 до 18 > 18 > 30 > 30 > 50 > 50 > 80 > 80 > 120 > 120 > 180	От IT8 до IT10	6,5	5	14
		7,0	6	16
		8,5	7	19
		9,0	8	21
		11,0	10	26
		12,0	12	30

Таблица 7. Допуски и расположение поля допуска размера b_k калибров-колец для прямобочных шлицевых валов (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальная толщина зуба b , мм	Допуск размера b вала	Z_{lb}	H_{lb}	Y_{lb}
		мкм		
До 3	IT6; IT7	8	3	12,5

Св. 3 > 6		10	4	16,0
> 6 > 10		12	4	18,0
> 10 > 18		16	5	23,5
До 3		12	4	18,0
> 3 > 6	От IT8	16	5	23,5
> 6 > 10	до IT10	18	6	27,0
> 10 > 18		22	8	34,0

Таблица 8. Допуски и расположение полей допусков размера D_k калибров-пробок и калибров-колец для прямобочных шлицевых соединений при нецентрирующем диаметра D (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальный диаметр D , мм	Калибр-пробка		Калибр-кольцо	
	Z_D	H_D	Z_{ld}	H_{ld}
	мкм			
Св. 10 до 18	80	18	175	18
> 18 > 30	80	21	180	21
> 30 > 50	80	25	185	25
> 50 > 80	85	30	200	30
> 80 > 120	95	35	225	35
> 120 > 180	115	40	265	40

Таблица 9. Допуски расположения зубьев калибров-пробок и пазов калибров-колец для прямобочных шлицевых соединений (по СТ СЭВ 355-76)

Номинальная толщина зуба или ширина паза b , мм	Допуски симметричности и параллельности при длине l ()				Допуск на накопленную погрешность шага
	по ряду А		по ряду В		
	T_s	T_p	T_s	T_p	
	мкм				
До 3	6	3	8	4	4
Св. 3 > 6	8	4	10	5	5
> 6 > 10	8	4	12	6	6
> 10 > 18	10	5	16	8	8

Таблица 10. Формулы для расчета размеров d_k , D_k , и b_k калибров для прямобочных шлицевых соединений (по СТ СЭВ 355-76)

Определяемый параметр калибра		Калибр-пробка		Калибр-кольцо	
		Размер	Предельные отклонения	Размер	Предельные отклонения
Центрирующий диаметр d или D	d_k	$d_{\min} - Z_d$	$\pm \frac{H_d}{2}$	$d_{\max} + Z_{ld}$	$\pm \frac{H_{ld}}{2}$
	d_{k-w}	$d_{\min} - Y_d$	-	$d_{\max} + Y_{ld}$	-

	D_K	$D_{\min} - Z_D$	$\pm \frac{H_D}{2}$	$D_{\max} + Z_{ID}$	$\pm \frac{H_{ID}}{2}$
	D_{K-W}	$D_{\min} - Y_D$	-	$D_{\max} + Y_{ID}$	-
Нецентрирующий диаметр D или d	D_K	$D_{\min} - Z_{D/}$	$\pm \frac{H_{D/}}{2}$	$D_{\max} + Z_{ID/}$	$\pm \frac{H_{ID/}}{2}$
	d_K	$d - 0,1$	$h8$	$d - 0,1$	$H8$
Размер b	b_K	$b_{\min} - Z_b$	$\pm \frac{H_b}{2}$	$b_{\max} + Z_{lb}$	$\pm \frac{H_{lb}}{2}$
	b_{K-W}	$b_{\min} - Y_b$	-	$b_{\max} + Y_{lb}$	-

Таблица 11. Обозначения полей допусков прямобочных шлицевых втулок и валов, указываемых на калибрах (по СТ СЭВ 355-76)

Параметр	Обозначение поля допуска			
	втулки	указываемое на калибре-пробке	вала	указываемое на калибре-кольце
Центрирующий d или D и b	H6	H6	g6	g6
	H7, H8	H7	b6, b7	b6
	F8, F10	F8	js6	js6
	D9, D10	D9	n6	n6
	J _s 10	J _s 10	f7	f7
			k7, js7	k7, js7
			d8, d9, d10	d8
			e8, e9	e8
			f8, f9	f8
			h8, h9, h10	h8

12. КУЛЬТУРА И КАЧЕСТВО В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Введение

Вы можете подумать - странно, что в книгу, посвященную организационной культуре, включен вопрос о качестве. Надеемся, к концу этого раздела Вы согласитесь, что качество тесно связано с организационной культурой. Отношение к качеству во многом характеризует и культуру организации в целом. Если в организации этому вопросу уделяется большое внимание и вопросы обеспечения качества

считаются первостепенными, то с большой вероятностью можно сказать, что перед нами организация со сформировавшейся, культурой. Таким образом, понятие качества и культуры организации тесно взаимосвязаны и для полноты картины целесообразно рассматривать их в общем контексте. Одна из ключевых концепций, лежащих в основе идеи тотального управления качеством (TQM), - это идея о внутренних потребителях. Данная идея исходит из представления о том, что каждый человек в организации является как потребителем, так и поставщиком и поэтому должен учитывать качество товаров и услуг, как получаемых им, так и поставляемых им. Защитники концепции тотального управления качеством в виде аргумента приводят следующее утверждение: если качество не является характерной чертой, пронизывающей все подразделения организации, если оно не стало частью культуры, вряд ли внешний потребитель получит от нас высококачественные товары или услуги.

Более того, данный вопрос затрагивает структуру организации. Если каждый человек одновременно является потребителем и поставщиком, тогда большая часть того, что делается в организации, является продуктом деятельности цепочки потребитель - поставщик. Следовательно, если мы сможем разделить все задачи, то структура организации предстанет в виде серии цепочек потребитель - поставщик. Как и в любой другой цепи, сила связи в цепочке потребитель -поставщик измеряется ее самым слабым звеном. Когда происходит разрыв самого слабого звена, распадается вся цепочка.

Давайте подумаем о слове "качество" в контексте управления. Что означает для Вас слово "качество"? В последние 50 лет термин "качество" различным образом использовался в связи с производством товаров или услуг организациями. В первой части этого раздела мы познакомимся с тем, как формировалось движение тотального управления качеством, отследим его происхождение вплоть до "традиционного" восприятия качества с точки зрения контроля качества. В двух других частях раздела приводятся современные представления о качестве и показано, как Вы можете применить некоторые из этих идей, чтобы стать более эффективным менеджером.

2.1 Различные подходы к качеству

Прежде чем представить Вам идеи трех ведущих "гуру" по вопросам качества - Деминга, Джурана и Кросби,- давайте рассмотрим "традиционное" понятие контроля качества.



Контроль качества - традиционный взгляд на качество?

Контроль качества

Традиционный взгляд на качество - это образ "людей в белых халатах", которые стоят в конце производственной линии и проверяют готовые изделия, чтобы сравнить их со стандартом или нормой. Если стандарты не выдерживаются, материал возвращается на переработку или выбрасывается. Именно так до сих пор воспринимают качество во многих организациях. Готовый продукт либо принимается, либо отбрасывается. Если обнаруживаются недостатки, исследуются причины, для того чтобы устранить проблему. Это реактивный ("последствие") подход к качеству - "Ждать, пока что-нибудь не выйдет из строя, а затем попытаться устранить неполадки".

В. Эдвардс Деминг

Статистик В. Эдвардс Деминг многими считается родоначальником движения за качество. В 1947 г. он приехал в Японию и выступал перед руководителями компаний по вопросам производительности и качества. Его идеи были широко восприняты, и в целом полагают, что они стали фактором, повлиявшим на рост и успех японской промышленности.

Самым главным в подходе Деминга к качеству является следующее: признать, что всегда существуют отклонения, отслеживать "неестественные" отклонения и затем выяснять причины, лежащие в их основе. Если в процессе возникают экстремальные отклонения, это может весьма затруднить прогноз, и, значит, Вам может потребоваться больше персонала для обслуживания в пиковые периоды, а возможно, следует держать больше запасов сырья и материалов, чтобы свести до минимума влияние нерегулярных поставок от поставщиков. Если Вам удастся определить эти отклонения, Вы можете, например, нанять работников в обеденное время, чтобы справиться с наплывом клиентов с 12 до 14 часов, или провести определенную работу с поставщиком, чтобы производственные потребности были удовлетворены.

Интересно, что Деминг выдвигает идею об отмене оценки заданий и результатов выполнения работы, так как, по его мнению, они создают атмосферу страха, способствуют краткосрочному вкладу в работу, игнорируя долгосрочные задачи, и разрушают работу в командах.

2.14 принципов Деминга

1. Постоянство цели. Поддерживайте постоянство целей для стабильного совершенствования товаров и услуг.

2. Новая философия. Примите новую философию. Мы живем в новую экономическую эпоху, основы которой были заложены в Японии.

3. Снизьте зависимость от инспекции. Устраните потребность в большом объеме контроля как способе достижения качества.

4. Прекратите практику заключения контрактов по самым низким ценам. Не практикуйте ведение бизнеса, основываясь исключительно на цене.

5. Совершенствуйте все процессы. Постоянно совершенствуйте каждый процесс с точки зрения планирования, производства и обслуживания.

6. Введите обучение на работе.

7. Установите благоприятный стиль руководства. Утверждайте стиль руководства, направленный на то, чтобы помочь людям лучше выполнить свою работу.

8. Избавляйтесь от страха. Поощряйте эффективные двусторонние коммуникации и другие способы, позволяющие избавиться от страха в организации.

9. Разрушайте барьеры между отделами и людьми.

10. Исключите использование лозунгов, плакатов и призывов.

11. Устраните цифровые показатели, по которым выносятся суждения. Откажитесь от стандартов выполнения работы, которые предписывают рабочим достижение определенных норм в цифровом выражении и управленческому персоналу -цифровых показателей. Предложите вместо этого поддержку и помощь наставников.

12. Гордитесь мастерством.

13. Поощряйте образование.

14. Приверженность высшего руководства. Добейтесь четкой приверженности высшего руководства идее постоянного улучшения качества и производительности.

(Займствовано у Деминга, 1986)

Джозеф М. Джуран

В то время как в работе Деминга основное внимание уделяется улучшению качества применительно прежде всего к процессам, системам и статистике, Джуран (который вслед за Демингом приехал в Японию обучать менеджеров концепции качества) подчеркивает необходимость для каждого менеджера непосредственно заниматься деятельностью, приводящей к повышению качества. Он является сторонником подхода, который предусматривает вовлеченность персонала в процедуры, обеспечивающие качество и решение проблем. Джозеф М. Джуран определяет качество как "соответствие использованию или цели". Он считает, что осуществление проектов необходимо для улучшения качества. Это несколько спорный вопрос, тем не менее самый главный вклад

Джурана в теорию качества состоит в утверждении, что качеством необходимо управлять.

2.3 10 этапов для повышения качества по Джурану

1. Сформируйте осознание потребности и создайте возможность для улучшения качества.
 - 2 . Установите цели для постоянного совершенствования.
 - 3 . Создайте организацию, которая будет работать над достижением целей, учредив советы качества, создав условия для определения проблем, выбора проектов, сформировав команды и выбрав фасилитаторов.
 4. Предоставьте обучение всем.
 5. Выполняйте проекты для решения проблем.
 - 6 . Информируйте о прогрессе.
 - 7 . Выражайте признание.
 - 8 . Сообщайте о результатах.
 - 9 . Регистрируйте успехи.
 10. Внедряйте достижения, которых Вам удалось добиться в течение года, в системы и процессы, регулярно функционирующие в компании, тем самым закрепляя их.
- (Заимствовано у Бэнка, 1992)

Филип Б. Кросби

Филип Б. Кросби определяет качество как "соответствие требованиям". Этого, по его мнению, можно достичь, имея "нулевой брак", делая все правильно с первого раза, не допуская ошибок, а не посредством контроля качества. Кросби полагает, что не бывает хорошего, плохого или низкого качества. Вместо этого он предлагает рассматривать, соответствует или не соответствует что-либо требованиям. Кросби также полагает, что "качество достается бесплатно", т.е. ничего не стоит. В некотором роде это вытекает из его определения качества. Если Вы производите товары и поставляете услуги, которые не соответствуют требованиям потребителя, то для организации это означает затраты.

14-этапный план Кросби по повышению качества

1. Четко определите приверженность руководства идее качества.
- 2 . Используйте команды по работе над улучшением качества для привлечения и информирования о качестве всех членов организации.
- 3 . Измеряйте качество и раскрывайте текущие и потенциальные проблемы с качеством.

- 4 . Подсчитайте стоимость качества.
- 5 . Скажите подчиненным, сколько стоит некачественная работа.
- 6 . Предпримите корректирующие действия.
- 7 . Организуйте специальный комитет, который будет работать над программой нулевого брака.
- 8 . Обучите наставников, которые будут внедрять программу нулевого брака.
- 9 . Проведите "День нулевого брака", чтобы объяснить программу и подчеркнуть тот факт, что в организации к этой проблеме будут относиться по-новому.
10. Устанавливайте и поощряйте персонал устанавливать цели, ориентированные на улучшение качества.
11. Поощряйте подчиненных сообщать о тех проблемах, которые не позволяют им работать без брака.
12. Высказывайте признание тем, кто добивается поставленных целей и отлично выполняет работу.
13. Организуйте советы качества, состоящие из профессионалов и руководителей команд, которые будут регулярно общаться друг с другом.
14. Проделывайте это снова и снова, подчеркивая, что у данной программы нет завершения. (Заимствовано у Кросби, 1979)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 2.1

Припомните схемы трех «гуру», касающиеся качества.

1. По каким аспектам качества у этих исследователей существует единство взглядов?

2. По каким аспектам качества у них есть разногласия?

Вы можете сравнить свои ответы с нашими, которые приводятся в конце этой книги.

Деминг подходит к вопросам качества, основываясь на статистике, и уделяет главное внимание тем способам, которые позволяют системам, производящим товары или предоставляющим услуги, постоянно совершенствоваться. В отличие от этого подхода определения Джурана и Кросби предполагают, что качество зависит от мнения потребителя относительно того, насколько товар или услуга "пригодны для использования" или "соответствуют требованиям". Можно подвергнуть критике определение Кросби, в соответствии с которым считается, что стандарты установлены правильно и что нулевой брак - это реально достижимая цель. Определение качества по Джурану, в то же время, соотносит проблему качества со сферой общего управления. В этом смысле считается, что качество - не чисто техническая проблема. Напротив, лишь потребитель или конечный пользователь могут определить, насколько качественным является товар или услуга.

Деминг, Джуран и Кросби могут не сходиться во мнениях по многим вопросам, касающимся внедрения программ по улучшению качества. Тем не менее они придерживаются единого взгляда по трем наиболее важным аспектам качества:

- Качество имеет большое значение.
- Вопросами качества должны заниматься все в организации.
- Качественно необходимо управлять.

Данные три пункта составляют ядро движения по тотальному управлению качеством, и этот вопрос мы рассмотрим в оставшейся части настоящего раздела.

3.2 Тотальное управление качеством

Что такое тотальное управление качеством (ТОМ)?

В данном подразделе мы впервые дадим определение тотального управления качеством (Total Quality Management, или TQM) и рассмотрим идеи, которые лежат в его основе, а именно представление о внутренних потребителях и цепочке потребитель - поставщик. Эти идеи помогут Вам в Вашей работе менеджера, независимо от того, принят подход TQM в Вашей организации или нет.

TQM - это аббревиатура от Total Quality management - тотальное управление качеством.

"Тотальное" означает, что все в организации принимают участие в производстве конечного товара или услуги для потребителя.

"Качество" не означает лишь роскошь. Нам необходим способ, который позволит описать качество таким образом, чтобы не оставалось никакой возможности для субъективного мнения. Полезным в этом смысле является следующее определение:

"Качество означает соответствие требованиям". Это позволяет нам измерить качество. Мы знаем, когда есть соответствие требованиям или когда его нет. Все должны понимать качество одинаково. Когда мы будем говорить о качестве на одном языке, мы сможем измерить его и управлять им.

"Управление" означает, что качество не может появиться само по себе. Управление качеством - это процесс, в который вовлечены люди, системы, инструменты и способы поддержки.

(Мак-Дональд, 1993)

Определения качества, рассмотренные нами в предыдущем подразделе, предполагают, что качество определяет потребитель. Эти определения заключаются во фразах "покупатель - король" и "покупатель всегда прав". Тем не менее такие определения - лишь часть концепции тотального качества. Бэнк (1992) считает, что любое измерение качества должно отражать пять элементов: спецификацию, соответствие, надежность, стоимость (ценность) и поставку. Он показывает наличие этих пяти элементов, задавая потребителям пять вопросов, чтобы определить качество:

1. Что я ожидаю получить, покупая Ваш товар? - спецификация.
2. Получил ли я то, что ожидал? - соответствие.
3. Продолжает ли это оправдывать мои ожидания? - надежность.
- 4 . Сколько я должен заплатить? - стоимость.
- 5 . Когда я могу это получить? - поставка.

Подводя итог этим вопросам, Бэнк переопределяет понятие качества:

"Качество - это полное удовлетворение согласованных требований потребителя, причем внутренние затраты организации должны быть как можно ниже".

(Бэнк,1992)

Но даже и такое определение подвергалось критике. Спросите сами себя - достаточно ли только удовлетворить потребителя. Некоторые организации, в основном из частного сектора, считают, что нет. Они полагают, что даже удовлетворенные потребители могут утратить лояльность; они верят в то, что прибыль приносят многократные покупки и рекомендации, которые дают потребители. Соответственно они заменили слово "удовлетворить" на "привести в восторг". Исследования показали, что очень довольные потребители склонны в гораздо большей степени совершить повторную покупку, вернуться и дать рекомендации по сравнению с теми, кто просто удовлетворен.

3.3 Как тотальное управление качеством может помочь менеджеру?

В этом подразделе мы рассмотрим Вашу работу с точки зрения качества и поставим вопрос о том, как такое восприятие может помочь Вам в Вашей управленческой деятельности.

Являетесь ли Вы поставщиком?

Для концепции тотального управления качеством существенно представление о том, что каждый работник в организации одновременно является и поставщиком, и потребителем. Следующее задание поможет Вам определить, кто является Вашими "внутренними" и "внешними" потребителями.

Перечислите пять типов заданий, которые Вы регулярно выполняете. Затем по каждому пункту определите продукт или результаты работы. И, наконец, запишите, кто пользуется продуктом и этими результатами по каждой из функций.

Задание	Описание	Продукт или результаты
Потребитель		

Задание 1

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

151

Задание 3

Чего хочет от меня потребитель?

Как потребитель определяет качество?

Значение подхода TQM

Новая роль менеджера

Рассмотрим вопрос о том, как формальная структура организации может помочь распределить работу между членами организации и скоординировать деятельность служащих, чтобы направить ее на достижение целей и выполнение задач организации. В соответствии со структурой определяются задачи и обязанности, роли и отношения, а также каналы коммуникации. Структура делает возможным управление и создает основу для приказов и команд, посредством которых можно планировать, организовывать, направлять и контролировать деятельность компании. Тем не менее и качество, о котором мы говорили выше, в некоторой степени влияет на выполнение роли менеджера. Если организацию представить в виде совокупности отношений потребитель - поставщик, то получается, что менеджер больше не планирует, не организует, не направляет и не контролирует - все это функции потребителей. В идеале потребитель - внешний или внутренний - сообщает о своих требованиях поставщику.

Роль менеджера в культуре качества заключается в поддержке и создании необходимых условий для работы подчиненных, а также в

обеспечении систем, которые позволяют процветать отношениям между потребителем и поставщиком. Более того, менеджер, вероятно, будет играть ключевую роль в образовании и обучении. Защитники ТОМ, скорее всего, не согласятся с моделью менеджмента по Файоллю, с которой Вы познакомились в Книге 1 "Управление собой", отдав предпочтение менее авторитарным менеджерам, которые способны признать, что потребители осознают свои потребности и смогут сообщить о них. Для многих это представляется большим отступлением от обычного образа менеджера; при этом менеджер должен пересмотреть свои позиции и ожидания. Следующее задание поможет Вам определить собственное отношение к культуре качества.

ЗАДАНИЕ 2.7 При ответе на каждый пункт обведите кружком цифру которая лучше всего описывает Вашу позицию или поведение на работе. "5" означает «совершенно не согласен», а "1" - "полностью согласен".

Я признаю наличие реальных ограничений в существующих условиях, когда кто-либо высказывает предложения по совершенствованию					
Мне нравится поддерживать усилия по изменению, даже если предложение может не сработать					
Я убежден, что несколько мелких усовершенствований обычно дают гораздо больше, чем пара крупных усовершенствований					
Я поощряю других людей высказывать соображения по поводу улучшений даже если они отличаются от моих собственных					
Утверждение "если что-то не сломано, то в починке не нуждается" справедливо					
Я работаю над политикой изменений, чтобы добиться согласия относительно своих идей по улучшению					
Я внимательно изучаю предложения, чтобы не заниматься изменением ради изменения					
Я предпочитаю иметь четкие цели, которые способствуют улучшению даже если изменения отрицательно сказываются на эффективности моей деятельности					
Я постоянно говорю, как можно улучшить то, что я делаю					
Мне удастся добиться поддержки высшим руководством моих идей по улучшению					
ИТОГО					

Итоговая сумма, которую Вы подсчитали, показывает, в какой степени Вы оказываете положительное влияние на совершенствование качества. Эти вопросы отражают модели поведения, которые ассоциируются с подходом к проблемам качества путем непрерывного совершенствования.

- От 40 до 50 • отлично: Вы являетесь двигателем в вопросе улучшения качества.
- От 30 до 40 - хорошо: Вы являетесь положительной силой.
- От 20 до 30 • нормально: у Вас типичное отношение к вопросам улучшения качества.
- От 10 до 20 - плохо: Вы можете препятствовать усилиям по улучшению качества.

(Заимствовано у Дафта, 1994)

Многим из вас может показаться, что шкала оценок должна быть прямо противоположной (т.е. там, где стоит "5", должно быть "1", и наоборот). На самом деле шкала установлена правильно, просто, по-видимому, необходимо более внимательно задуматься над последствиями, вытекающими из данных утверждений. Например, если Вы полностью согласны с первым утверждением, это значит, что Вы будете оценивать предложения по улучшению качества с точки зрения существующих реальных ограничений, а не судить об идее с учетом измененных обстоятельств. В действительности, выразив согласие с данным утверждением, Вы можете использовать существующее статус-кво, чтобы ограничить изменение.

Подобное справедливо в отношении второго утверждения - не имеет смысла поддерживать изменение ради изменения. Изменения необходимо правильно оценить, прежде чем осуществлять их. Третье утверждение говорит о том, что большие изменения труднее поддерживать, чем малые. Просмотрите еще раз пункты, где у Вас получились самые низкие показатели, и подумайте о значении каждого утверждения и о тех способах, которые помогут Вам сориентировать Ваш подход в направлении качества. Может оказаться полезным обсуждение этих идей с Вашими коллегами.

Негативные аспекты подхода ТОМ

До сих пор мы рассматривали качество и подход ТОМ в положительном ключе. На самом деле, прочитав этот материал, Вы могли выразить удивление по поводу того, что такой подход к качеству не стал универсальным.

Существуют некоторые потенциально негативные моменты, каждый из которых мы рассмотрим по очереди. К ним относятся:

- утрата навыков,
- увеличение контроля,
- победители и побежденные,
- качество как "причуда".

Утрата навыков. Потребителей обычно интересуют товары или услуги, которые они получают. Следовательно, ожидается, что поставщик

сосредоточит усилия только на том, чего хочет потребитель, а это может ограничить умения и навыки, которые должны развиваться у поставщика. Более того, существует опасность, что обучение ограничится только потребностями той работы, которую нужно все время выполнять, а также опасность того, что будет проигнорирован вопрос развития персонала, так как организации, вводя улучшения, будут полагаться на внутренний рынок.

Увеличение контроля. В то время как может показаться, что подобный подход к качеству вступает в противоречие со многими принципами формальной организационной структуры, такими, как объем управления и иерархия, на самом деле при этом в организации обычно происходит увеличение объема контроля. Такой контроль осуществляется потребителями, которые заинтересованы в получении необходимых товаров и услуг. В результате служащие могут утратить свободу и иметь меньше контроля над своей работой. Вследствие этого идея о том, что менеджеры способствуют расширению полномочий подчиненных, может показаться весьма иллюзорной. При подобных обстоятельствах служащие могут превратиться в рабов потребителя.

Победители и побежденные. Можно спорить о том, что естественные цепочки отношений потребитель - поставщик являются полноценным внутренним рынком, где есть конкуренция между поставщиками, стремящимися заполучить своего потребителя. Это уже становится характерной чертой многих организаций и отраслей промышленности. Например, в Великобритании правительство создало конкуренцию в области услуг здравоохранения - врачи, обеспеченные фондами, могут выбирать, в какую больницу отправлять своих пациентов. В то время как для многих пациентов это может привести к повышению стандартов медицинского обслуживания, уже сейчас имеются примеры, свидетельствующие о снижении стандартов медицинского обслуживания в некоторых регионах. И что интересно, снижение стандартов медицинского обслуживания происходит в наиболее бедных районах страны. Этот пример показывает, что если на рынке есть победители, то существуют и побежденные. Рынок не будет рынком, если такое не произойдет.

Если перенести эти представления на организацию, то в ней образуется культура победителей и побежденных. Опасность состоит в том, что от побежденных, скорее всего, избавятся и заменят кем-то еще, в то время как им необходимо помочь в развитии, чтобы они стали более конкурентоспособными. Рынки могут быть пугающим местом, где царят эгоистические интересы, где побежденных эксплуатируют, где богатые становятся богаче, а бедные - беднее. Хочется ли Вам работать в такой организации?

Качество как "причуда". Некоторые исследователи доказывают:

движение "тотальное управление качеством" есть не что иное, как новомодная причуда, и оно ничего не дает существующей теории менеджмента. Действительно, спорным является вопрос о том, не маскирует ли забота о "тотальном управлении качеством" реальные проблемы в организации. Если, например, у Вас в организации принята маркетинговая теория, Вы автоматически занимаетесь решением проблем своих потребителей, точно так же хорошей практикой является правильное информирование и инструктаж тех, кто обеспечивает Вас. Призывы к достижению более высокого уровня качества в данном контексте могут восприниматься как попытка устранить скорее симптомы, а не причины проблем.

Ключевые моменты

Ключевые моменты данного раздела следующие.

Качество не может появиться само собой, им нужно управлять.

Качества можно добиться только в том случае, если каждый, кто работает над товаром или услугой, заботился о том, чтобы произвести или поставить качественный товар (услугу).

При определенном качестве необходимо оценить пять компонентов:

- что я ожидаю получить, покупая Ваш товар? – спецификация,
- получил ли я то, что ожидал? – соответствие,
- продолжает ли это оправдывать мои ожидания? – надежность,
- сколько я должен заплатить? – стоимость,
- когда я это могу получить? – поставка.

4. Каждый этап любого процесса в любой организации можно представить в терминах отношений между потребителем и поставщиком.

5. Понимание того, что от Вас ожидают потребители, может сделать Вас более эффективным менеджером.

6. Тотальное управление качеством (TQM) имеет несколько серьезных негативных аспектов. К ним относятся:

- утрата навыков,
- увеличение контроля,
- победители и побежденные,
- качество как «причуда».

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 2.1

1. Все трое явно или неявно выражают согласие по следующим вопросам:

- Руководство должно быть привержено идее улучшения качества.
- Качество достигается посредством совершенствования систем и процедур, а не путем улучшения проверок или более частого их проведения.
- Необходимо управлять вопросами улучшения качества.
- Качество совершенствуется непрерывно. Иногда это называют "непрерывным совершенствованием".
- В программах качества должны участвовать все сотрудники организации.
- Обучение является важным аспектом любой программы по улучшению качества.
- Качество можно объективно оценить.

2. Деминг, Джуран и Кросби расходятся по следующим вопросам:

- Улучшение качества может произойти только тогда, когда над этим работают проектные команды, - Джуран.
- Занимайтесь обучением каждого - Джуран и Деминг. Кросби предпочитает, чтобы обучали наставников (менеджеров).
- Избавьтесь от лозунгов, плакатов и призывов - Деминг. Кросби и, возможно, Джуран не согласны с этим мнением. Совершенно противоположной идеей является предложение Кросби о проведении "Дня нулевого брака".
- Отмените цифровые показатели, по которым выносятся суждения, - Деминг. Кросби считает, что следует установить цели, направленные на улучшение качества, и работать над их достижением.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Обработка результатов исследования при большом числе опытов.

Управление процессами осуществляют с помощью статистических данных, что в настоящее время называют менеджментом качества.

Одним из методов управления процессами является построение гистограммы, данные для которой собираются в течение длительного промежутка времени.

Как бы не были идентичными условия производства показатели качества всегда имеют некоторый разброс, который подчиняется определенным закономерностям. Установлено, что частота разброса максимальна в центре поля рассеяния и уменьшается к его территории. В этом случае имеют дело с нормальным законом распределения данных.

Построение гистограммы и анализ процесса машиностроительного производства рассмотрим на примере изготовления вала диаметром 52b9(0,074)

Необходимо оценить качество производственного процесса. Измерим валики микрометром с ценой деления 0,01мм. Точность отсчета равна половине цены деления, т.е равна 0,005мм. При измерении валиков соблюдается постоянство условий измерения.

Разность между наибольшим и наименьшим полученными значениями определяет величину размаха R действительных размеров.

$$R = d_{\max} - d_{\min} = 51,995 - 51,915 = 0,080$$

Причем число участков равным 9. Обычно они находятся в диапазоне 8-15. Лучше выбирать нечетное число.

Определим наименьшее значение для первого участка.

$$51,915 - \frac{0,01}{2} = 51,910$$

Определим интервал каждого участка

$$\frac{0,080}{9} \approx 0,010 \text{ мм}$$

Округление нужно производить в большую сторону.

Все 200 имеющихся данных должны разместиться на этих участках, строим таблицу 1.

Таблица 1

Интервал участка, мм	Центральное значение, мм	Частота
51,910/51,920	51,915	2
51,920/51,930	51,925	5
51,930/51,940	51,935	10
51,940/51,950	51,945	45
51,950/51,960	51,955	70
51,960/51,970	51,965	30

51,970/51,980	51,975	20
51,980/51,990	51,985	10
51,990/52,000	51,995	2
		$\Sigma = 200$

Определяем центральное значение для каждого интервала

$$\frac{51,910 + 51,920}{2} = 51,915$$

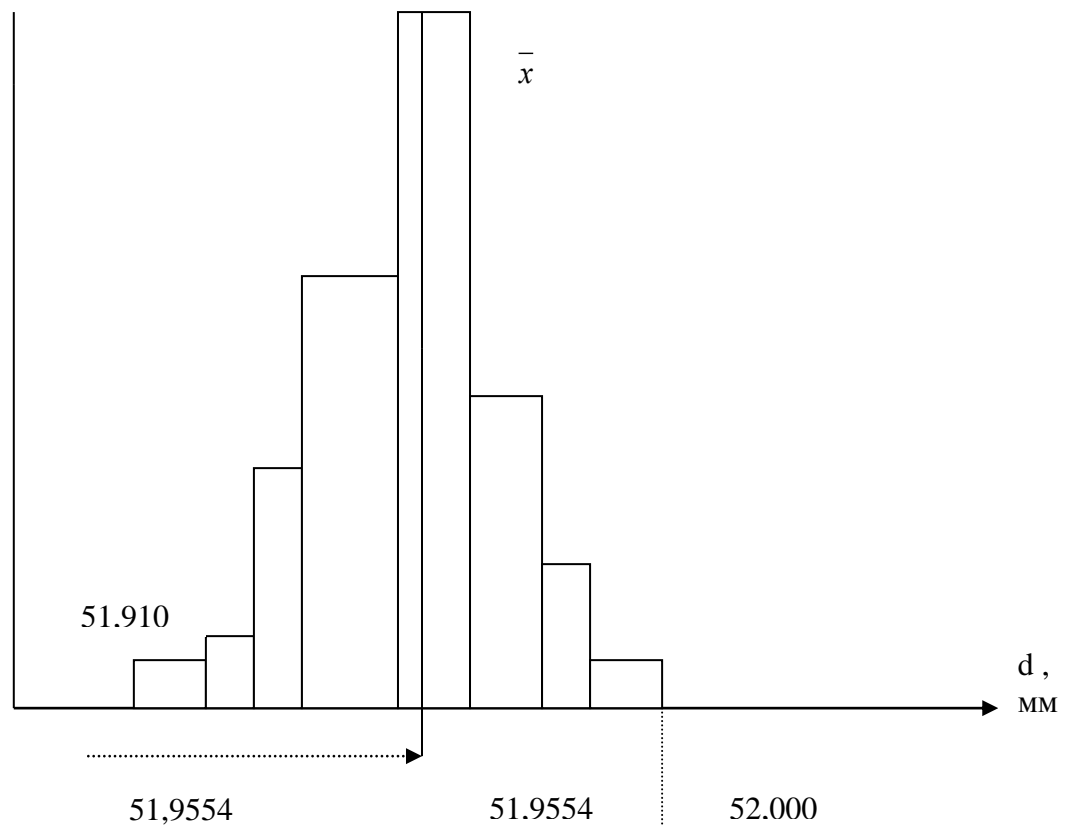
В интервалы помещают частоты f . После заполнения табл.1 строится гистограмма. Для этого по оси абсцисс откладывают значения параметров качества, по оси ординат – частоту. Для каждого участка строят прямоугольный столбик с основанием равным ширине интервала участка, высота его соответствует частоте f .

Определяем среднее значение

$$\bar{x} = x_0 + h \frac{\sum Uf}{\sum f} = 51,955 + 0,010 \frac{8}{200} = 51,955 + 0,0004 = 51,9554$$

Таблица 2

№	Интервал	Среднее значение	Частота f	U	Uf	$U^2 f$
1	51,910-51,920	51,915	2	-4	-8	32
2	51,920-51,930	51,925	5	-3	-15	45
3	51,930-51,940	51,935	16	-2	-32	64
4	51,940-51,950	51,945	45	-1	-45	45
5	51,950-51,960	51,955	70	0	0	0
6	51,960-51,970	51,965	30	1	30	30
7	51,970-51,980	51,975	20	2	40	80
8	51,980-51,990	51,985	10	3	30	90
9	51,990-52,000	51,995	2	4	8	32



Поскольку гистограмма выражает условия процесса за период, в течении которого были получены данные, важную информацию может дать форма распределения гистограммы в сравнении с контрольными нормативами.

Различают следующие модификации формы гистограммы.

1. Гистограмма с двусторонней симметрией (нормальное распределение). Гистограмма с таким распределением встречается чаще всего. Она указывает на стабильность процесса.

2. Гистограмма, вытянутая вправо. Такую форму с плавно вытянутым вправо основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно получить значения ниже определенного – например для процента содержания микросоставляющих, для диаметра деталей и т.д.

3. Гистограмма, вытянутая влево. Такую форму с плавно вытянутым влево основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно

получить значения выше определенного – например , для процента содержания составляющих высокой чистоты.

4. Двугорбая гистограмма. Такая гистограмма содержит два возвышения (которые чаще всего имеют разную высоту) с провалом между ними и отражает случаи объединения двух распределений с разными средними значениями, например в случае наличия разницы между двумя станками, между двумя видами материалов (или комплектующих), между двумя операторами и т. д. В этом случае можно провести расслоение по двум видам фактора, исследовать причины различия и принять соответствующие меры для его устранения.

5. Гистограмма в форме обрыва, у которой как бы обрезан один край (или оба). Такая гистограмма представляет случаи, когда, например, отобраны и исключены из партии все изделия с параметрами ниже контрольного норматива (или выше контрольного норматива, или и те и другие). После исследования причин отклонения значений параметров от нормы и стабилизации процесса можно прекратить отбор всех изделий с параметрами, отличающимися от нормальных.

6. Гистограмма с ненормально высоким краем (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случаи, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы, или при искажении информации о данных и т.д. После стабилизации процесса операции по исправлению могут быть прекращены. При этом необходимо уделить внимание случаю грубого искажения данных при измерениях и принять меры к тому, чтобы такие случаи не повторялись.

7. Гистограмма с отделенным островком. Такой гистограммой выражаются случаи, когда была допущена ошибка при измерениях, когда наблюдались отклонения от нормы в ходе процесса и т.д. По результатам анализа гистограммы делают заключение о необходимости настройки измерительного прибора или срочного осуществления контроля параметров процесса и применяют соответствующие меры.

8. Гистограммы с прогалом (с «вырванным зубом»). Такая гистограмма получается, когда ширина интервала участка не кратна единице измерения (не выражается целым числом в выбранной единице измерения), когда оператор ошибается в считывании показаний шкалы и др.

9. Гистограмма, не имеющая высокой центральной части. Такая гистограмма получается в случаях, когда объединяются несколько распределений, в которых средние значения имеют целесообразно проводить, используя метод расслоения.

В тех случаях, когда известна норма, отмечают прямыми линиями верхнюю и нижнюю границу нормы (устанавливают контрольные нормативы) для сравнения с ними распределения, выраженного

гистограммой. При взгляде на гистограмму в этом случае сразу ясно, попадает ли гистограмма в интервал между контрольными нормативами. Если норму определить нельзя, на график наносят точки, отображающие запланированные значения, и проводят через них линии для сравнения с ними гистограммы. При сравнении гистограммы с новой или запланированными значениями могут иметь место разные случаи.

1. Среднее значение \bar{x} распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс не выходит за пределы нормы. Наиболее желательно положение, когда ширина между контрольными нормативами примерно в 8 раз больше стандартного отклонения s .

2. Гистограмма полностью входит в интервал, ограниченный контрольными нормативами, но разброс значений велик, края гистограммы находятся почти на границах нормы (ширина нормы в 5-6 раз больше стандартного отклонения s). При этом существует возможность появления брака, поэтому необходимы меры для уменьшения разброса.

3. Среднее значение \bar{x} распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс также находится в пределах нормы, однако края гистограммы намного не доходят до контрольных нормативов (ширина распределения более чем в 10 раз превышает стандартное отклонение s). Казалось бы, такое положение не должно вызывать беспокойства, поскольку налицо гарантия против появления брака. Но если сузить ширину нормы, т.е. сделать несколько менее строгим стандарт на изделие, можно повысить мощность производства и эффективность с точки зрения сбыта. Если несколько увеличить разброс, т.е. сделать несколько менее строгими стандарты на технологические операции и нормы на сырье, материалы и комплектующие, можно повысить производительность и понизить стоимость исходных материалов и комплектующих.

4. Разброс невелик по сравнению с шириной нормы, но из-за большого смещения среднего значения \bar{x} в сторону нижней границы нормы появляется брак. Необходимы меры, способствующие перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами.

5. Среднее значение смещено относительно центра нормы, разброс велик, появляется брак. Необходимы меры по перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами и уменьшению разброса.

6. Среднее значение смещено относительно центра нормы, разброс велик, появляется брак. Необходимы меры по перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами и уменьшению разброса.

Таким образом, сравнение вида распределения гистограммы с нормой или запланированными значениями дает важную информацию для управления процессом. Поскольку при этом приходится оперировать средним значением \bar{x} и стандартным отклонением s , надо уметь их вычислять. Сделаем это на практическом примере.

Допустим, собранные за месяц данные о размерах внешнего диаметра вала систематизированы в таблицу частот по которой построена гистограмма.

По значениям полученной при этом частоты f , среднему значению \bar{x} и стандартному отклонению s гистограммы можно вычислить показатель C_p мощности процесса. На построенной гистограмме проводят перпендикулярные оси абсцисс линии, соответствующую тройному стандартному отклонению $3s$.

Для вычисления \bar{x} и s составляют специальную таблицу (табл.2).

Определяем эмпирическое среднеквадратическое отклонение

$$S = h \sqrt{\frac{\sum U^2 f - \frac{(\sum U f)^2}{\sum f}}{\sum f - 1}} = 0,010 \sqrt{\frac{418 - \frac{64^2}{200}}{199}} = 0,0145_{мм} \quad (1.1)$$

Определим показатель мощности процесса

$$C_p = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{6 * 0,0145} = \frac{0,080}{0,0870} = 0,92 \quad (1.2)$$

$$C_p = \frac{S_U - S_L}{6s} = \frac{51,910 - 52,000}{6s} = \frac{0,0900}{0,0870} = 1,034 \quad (1.3)$$

Если известно числовое значение C_p , анализ мощности процесса производится следующим образом.

1. В случае, когда $C_p \geq 1,67$, ширина интервала между контрольными нормативами не менее чем в 10 раз превышает стандартное отклонение s : разброс параметров изделия невелик, появление брака не угрожает. Целесообразно несколько понизить класс исходного сырья (материалов, комплектующих) и упростить контроль процесса, что приведет к снижению себестоимости продукции некоторому сужению ширины интервала между нижней и верхней границами нормы, улучшению стратегии сбыта.

2. $1,67 \geq C_p \geq 1,33$. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами в 8-10 раз превышает стандартное отклонение s . Идеальное состояние процесса.

3. $1,33 \geq C_p \geq 1,00$. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами 6-8 раз превышает стандартное отклонение s . Когда показатель C_p близок к 1, вероятность появления брака составляет 0,27% (см. табл. 1), поэтому необходимо усилить контроль процесса, провести анализ факторов, влияющих на разброс, и провести мероприятия по улучшению состояния процесса.

4. $1,00 \geq C_p \geq 0,67$. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами 4-6 раз превышает стандартное отклонение s . Когда показатель C_p приближается к 0,67, вероятность появления брака составляет 4,56% (см.табл.1). Это означает, что контроль процесса неудовлетворителен. Необходимо наладить строгий контроль процесса и провести сплошной контроль выпускаемых изделий с целью недопущения брака. Вместе с тем нужно провести немедленное исследование факторов, влияющих на разброс, и принять меры к улучшению состояния процесса.

5. $0,67 \geq C_p$. В этом случае ширина интервала между нижней и верхней границами нормы не превышает $4s$. Процент брака превышает 4,56%. О таком процессе можно сказать, что он неконтролируем. Необходимо провести сплошной контроль продукции, чтобы предотвратить выпуск бракованных изделий, и одновременно принять меры к повышению качества, выяснив причины появления брака. Иногда приходится заново проводить изучение потребностей потребителей, а также пересматривать нормы.

Анализ состояния процесса по показателю C_p целесообразно проводить в комбинации с применением карт контроля.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

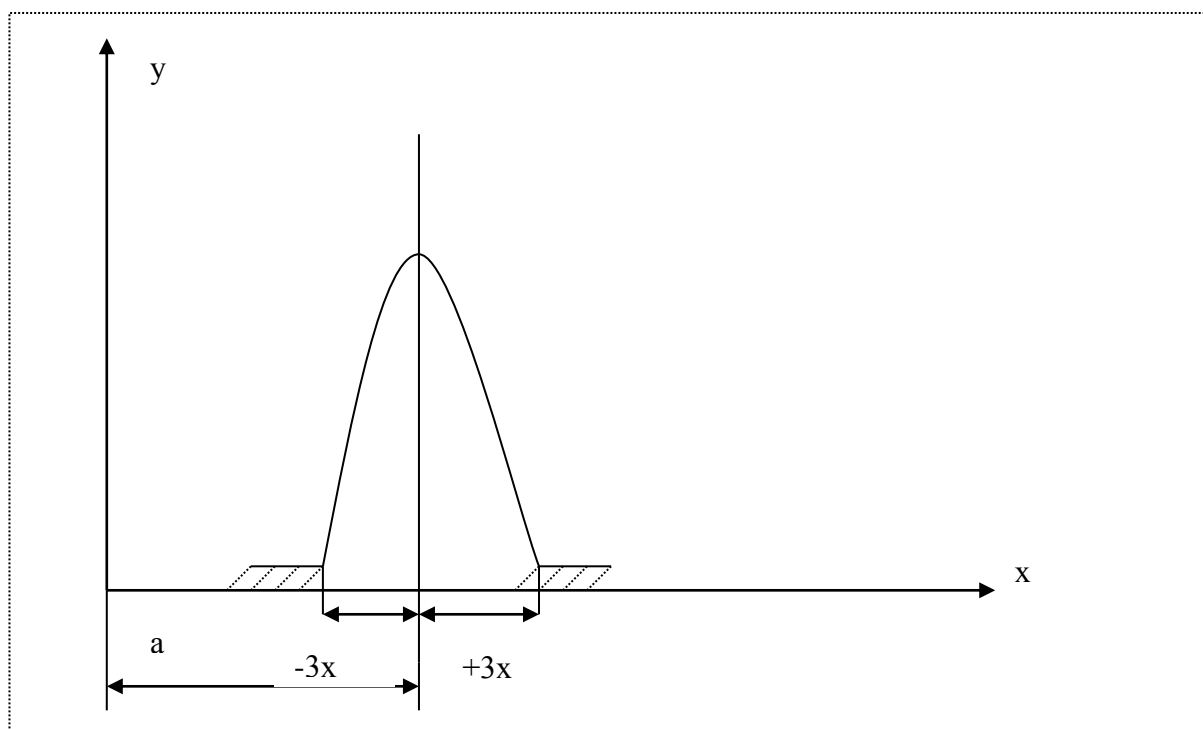
Обработка результатов экспериментального исследования

На результате измерения влияет целый ряд погрешностей. Их подразделяют на постоянные и случайные. Постоянные погрешности должны быть обнаружены и учтены или компенсированы при измерениях.

Определенные влияния случайных погрешностей на результат эксперимента является целью данного занятия.

Случайные погрешности возникают в следствии множества причин, совместное влияние которых на каждое отдельное измерение непостоянно. Вследствие этого с разбросом значений экспериментальных данных, т.е. со случайными величинами.

Случайная величина x_i подчиняется нормальному закону распределения вероятностей. Кривая плотности вероятности нормального распределения, симметрична относительно максимальной ординаты.



Величина параметра a'' оценивается средне арифметическим значением случайной величины

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i \frac{n_i}{N_i} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Погрешность этой величины оценивается эмпирическим среднеквадратическим отклонением

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad \text{при } N \geq 30 \text{ опытов}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{при } N \leq 30 \text{ опытов}$$

Теоретическое значение величины s обозначается δ_x и называется среднеквадратическим отклонением. Оно равно:

$$\delta_x = \frac{S}{\sqrt{N-1}} \quad (1.1)$$

В общем случае доверительные интервалы будут находится в пределах:

$$\bar{x} \pm Z\delta_x \quad (1.2)$$

Обычно задают доверительные вероятность β , от которой зависит значение Z :

β	0,68	0,90	0,95	0,990	0,997	0,999
z	1,0	1,65	2,0	2,6	3,0	3,3

Рассмотрим пример:

При измерениях величины A получены значения:

xi	\bar{x}	$x - \bar{x}$
10		0
6		-4
10	10	0
9		-1
13		3
12		2

$$(xi - \bar{x})^2 = 16 + 1 + 9 + 4 = 30$$

Определим S :

$$\delta_x = \frac{2,4}{\sqrt{6-1}} = 1,1 \quad (1.3)$$

Проверим наличие промахов.

$$xi \geq \bar{x} - 3\delta_x \quad xi=10-3,3=6,7$$

Значение $xi=6$ является промахом. Исключаем это значения. Снова определяем δ_x

x_i	\bar{x}	$x - \bar{x}$
10		0,8
10	10,8	0,8
9		1,8
12		1,2
13		2,2

$$(x_i - \bar{x})^2 = 0,64 + 0,64 + 3,24 + 1,44 + 4,84 = 10,8$$

Определяем S:

$$S = \sqrt{\frac{10,8}{5-1}} = 1,6 \quad (1.4)$$

$$\text{Определим } \delta x = \frac{1,6}{\sqrt{6-1}} = -\frac{1,6}{2,2} = 0,72$$

Выбираем надежность или доверительную вероятность β , равную 0,95. $Z=2,0$.

Определяем доверительный интервал

$$\bar{x} - 2\delta x \leq A \leq \bar{x} + 2\delta x$$

$$10,8 - 1,44 \leq A \leq 10,8 + 1,44$$

$$9,36 \leq A \leq 12,2$$

При доверительной вероятности

$$\beta = 0,997 \text{ имеем } z=3,3$$

Определяем доверительный интервал

$$\bar{x} - 3,072 \leq A \leq \bar{x} + 3,072$$

$$8,64 \leq A \leq 12,96$$

При увеличении доверительной вероятности β доверительный интервал увеличился.